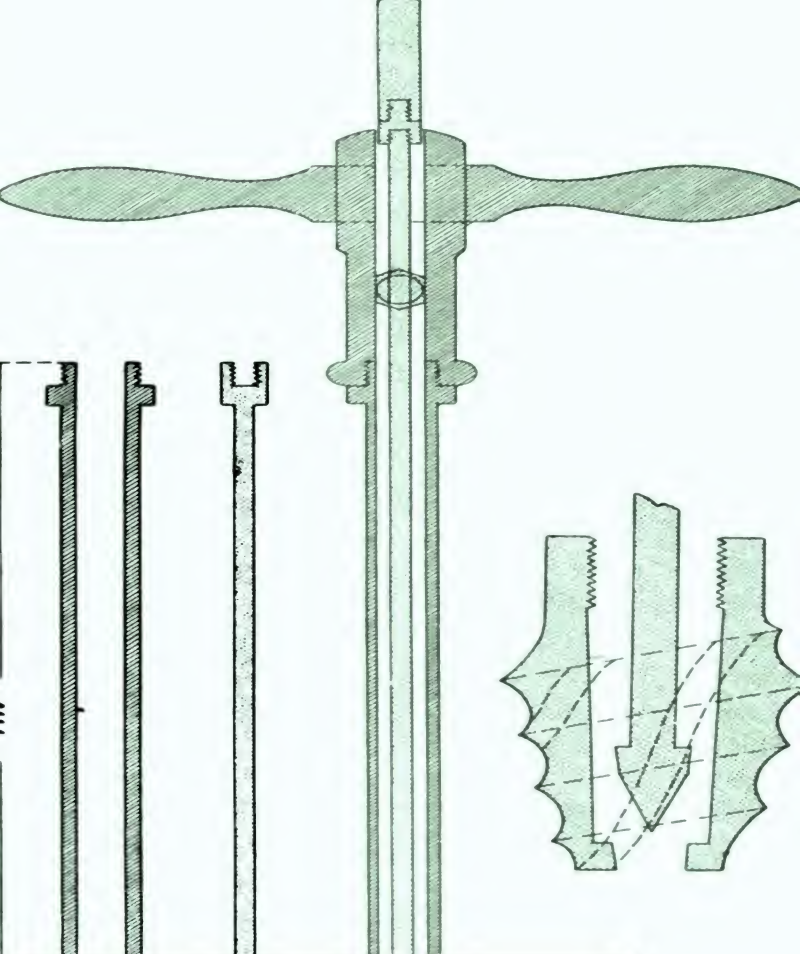


Archiv für Hygiene und Bakteriologie

ARCHIV

FÜR

HYGIENE.

(BEGRÜNDET VON **MAX v. PETTENKOFER.**)

UNTER MITWIRKUNG

VON

Prof. Dr. O. BOLLINGER, München; Dr. E. CRAMER, Heidelberg; Prof. Dr. R. EMMERICH, München; Prof. Dr. F. ERISMANN, Moskau; Prof. Dr. J. v. FODOR, Budapest; Prof. Dr. A. HILGER, München; Prof. Dr. F. HUEPPE, Prag; Prof. Dr. F. KRATSCHMER, Wien; Prof. Dr. K. LEHMANN, Würzburg; Prof. Dr. L. PFEIFFER, Rostock; Generalarzt Dr. J. PORT, Würzburg; Prof. Dr. W. PRAUSNITZ, Graz; Prof. Dr. F. RENK, Dresden; Prof. Dr. SCHOTTELIUS, Freiburg i. B.; Oberstabsarzt Dr. A. SCHUSTER, München; Prof. Dr. G. WOLFFHÜGEL, Göttingen.

HERAUSGEGEBEN

VON

H. BUCHNER, J. FORSTER, M. GRUBER, FR. HOFMANN, M. RUBNER,

O.Ö. PROFESSOREN DER HYGIENE UND DIRECTOREN DER HYGIENISCHEN INSTITUTE AN DEN UNIVERSITÄTEN ZU

MÜNCHEN AMSTERDAM WIEN LEIPZIG BERLIN.

VIERUNDZWANZIGSTER BAND.

MÜNCHEN UND **LEIPZIG.**

DRUCK UND VERLAG VON R. OLDENBOURG.

1895.

Inhalt.

An die Leser des Archivs für Hygiene!

Hohes Alter und das täglich wachsende Bedürfnis nach Ruhe veranlassen mich, von der Redaction des Archivs für Hygiene zurückzutreten. Es drängt mich, allen Mitarbeitern und Lesern zum Abschied meinen tiefgefühlten Dank zu sagen und sie zu bitten, der Zeitschrift auch fernerhin die bisherige Theilnahme zu schenken.

München, den 19. Mai 1895.

Dr. Max v. Pettenkofer.

Die vorstehenden Zeilen bedeuten für das Archiv für Hygiene einen schweren Verlust. Die Redaction bedauert auf das Lebhafteste das Ausscheiden des Begründers der Zeitschrift und ihres hervorragendsten Mitarbeiters.

Die hygienische Literatur ist in der ersten Zeit ihrer Entstehung bei den Physiologen zu Gast gewesen. Seit 1866 bis 1883 diente die Zeitschrift für Biologie physiologischen wie hygienischen Arbeiten als Sammelstelle. v. Pettenkofer hat in richtiger Erwägung der Verhältnisse erkannt, dass die immer mehr als Wissenschaft erstarkende Hygiene auch eines eigenen Organs für ihre Publikationen bedurfte. Als im Jahre 1883 die Begründung des Archivs für Hygiene angeregt und ausgeführt wurde, war damit ein wichtiger Vereinigungspunkt für hygienische Arbeiten geschaffen, was unzweifelhaft für die Entwickelung der

ganzen Disciplin und für die Festigung ihrer Selbständigkeit von grösstem Einfluss gewesen ist. Wie der Begründer, so war v. Pettenkofer auch der thätigste Mitarbeiter der Zeitschrift, wie der Inhalt der nunmehr vorliegenden 23 Bände beweist.

Mit dem Danke für die aufopfernde, selbstlose Hingabe an die Interessen des Archivs, spricht die Redaction den allgemein getheilten Wunsch aus, dass es dem Schöpfer der experimentellen Hygiene vergönnt sein möge, noch viele Jahre procul negotiis in ungestörter Lebensfreude zu geniessen.

Sie wird diese Zeitschrift im Sinne ihres Begründers weiter führen; das Archiv soll auch in Zukunft wesentlich zur Veröffentlichung für die experimentellen Arbeiten des Faches dienen. Möge ihm ein warmes Interesse auch über die engeren Grenzen Deutschlands hinaus gewahrt bleiben wie bisher!

Die Redaction.

Hygienische Studien über Kupfer.

I. Die Bestimmung kleiner Kupfermengen in organischen Substanzen.

Von

Prof. Dr. K. B. Lehmann.

(Aus dem hygienischen Institut in Würzburg.)

Vorbemerkung.

Bei der Ausarbeitung meiner »Methoden der practischen Hygiene« wurde ich im Winter 1889 auf die zahlreichen ungelösten Widersprüche in der hygienischen und toxikologischen Beurtheilung des Kupfers aufmerksam. Aus einigen zur eigenen Orientirung unternommenen Versuchen wurden immer ausgedehntere Versuchsreihen und schliesslich entschloss ich mich, um womöglich endgültig die Frage zu lösen, die gewaltige Literatur thunlichst im Original zu studiren und möglichst viele der streitigen Punkte selbst zu untersuchen. Durch die liebenswürdige Unterstützung der kgl. Staatsbibliothek in München und der Universitätsbibliothek in Strassburg — deren Leitern ich zu herzlichstem Danke verpflichtet bin — ist mir die Bewältigung der gewaltigen Literatur wohl befriedigend gelungen. Jeder, der in einer Provincialstadt ähnliche Arbeiten versucht hat, weiss, dass mit dem besten Willen stets ein Theil der Literatur unzugänglich bleibt. Noch mehr Gewicht habe ich allerdings auf den experimentellen Theil der Arbeit, gute Methoden und objective nüchterne Beurtheilung der Thatsachen gelegt. Im Laboratorium haben sich nacheinander die Herren Dr. Meyerhardt[1]),

1) Meyerhardt S., Studien über die hygienische Bedeutung des Kupfers, 1890.

Greulich, Mock[1]), Kant[2]), Welte, Hotz und Lang an den Versuchen betheiligt, die theilweise über einige Abschnitte der Arbeit in ihren unten citirten Dissertationen berichtet haben. Ich selbst habe im August 1891 auf dem VII. internationalen Congress für Hygiene in London[3]) und im August 1892 auf der XI. Versammlung bayerischer Vertreter der angewandten Chemie in Regensburg[4]) vorläufig über einige Hauptergebnisse und Gesichtspunkte berichtet. Seither wurde die Arbeit sehr vielseitig erweitert. Im Begriffe 1893 die erhaltenen Resultate zu einer Monographie zu verarbeiten, erhielt ich die reichhaltige Arbeit von Prof. Tschirch[5]) die in mancher Richtung verwandte Ziele verfolgt, wie ich sie mir gesteckt. Ich beschloss daraufhin meine Arbeit noch in einigen Punkten zu vertiefen und nur ausgewählte Kapitel der Kupferfrage in besonderen Abhandlungen zu publiciren, deren erste ich hiermit erscheinen lasse. Ich habe dadurch den Vortheil, die Fragen, über die ich nicht gearbeitet, nur kurz streifen zu können, um andere Theile um so genauer und eingehender zu behandeln. Möchte es mir gelingen, durch meine Arbeiten endlich die Widersprüche in der Beurtheilung des Kupfers aus der Welt zu schaffen und eingewurzelte Vorurtheile zu beseitigen.

I. Die Bestimmung kleiner Kupfermengen in organischen Substanzen.

I. Die Zerstörung der organischen Substanzen.

Es ist bekannt, dass in organischen Substanzen ein Kupfernachweis erst nach vollständiger Mineralisirung (vgl. S. 16) möglich ist. Als Methoden der Mineralisirung habe ich nach- und nebeneinander folgende angewendet:

---

1) Mock Emil, Ueber die hygienische Bedeutung des fettsaueren Kupfers, 1892.

2) Kant Arthur, Experimentelle Beiträge zur Hygiene des Kupfers, 1892.

3) K. B. Lehmann, Kritische und experimentelle Studien über die hygienische Bedeutung des Kupfers. Münchner medicinische Wochenschrift, 1891, Nr. 35 und 36.

4) K. B. Lehmann, Bericht über die XI. Versammlung bayerischer Chemiker in Regensburg 2. u. 3. August 1892, Wiesbaden 1893.

5) A. Tschirch, Das Kupfer vom Standpunkte der gerichtlichen Chemie, Toxicologie und Hygiene, Stuttgart 1893.

1. Die Zerstörung der organischen Substanzen durch Chlorgas nach Fresenius und von Babo. Ich war von der Methode nicht sehr befriedigt. Bis zur vollkommenen Zerstörung dauerte es immer ausserordentlich lange, mehrere Tage, sowie auch nur 30 bis 50 g Leber und dergl. zu verarbeiten waren. Immer schwamm auf der chlorirten Flüssigkeit noch eine Fettschicht, die eine besondere Verbrennung nothwendig machte. Ein weiterer Uebelstand der Methode ist, dass man ziemlich grosse Mengen Wasser, Salzsäure, Kaliumchlorat etc. braucht, womit die Gefahr, Kupferspuren in die Analyse einzuführen, zunimmt, und endlich ist das Ausfällen mit Schwefelwasserstoff in der chlorhaltigen voluminösen Flüssigkeit langwierig. Ich habe diese Methode deswegen ziemlich bald ganz verlassen.

2. Die Mineralisirung in einer Porzellanschale auf einem Asbestteller stehend unter Zusatz von kleinen Mengen kupferfreier concentrirter Schwefelsäure. Die Methode liefert relativ bequem gute Resultate. Eine Bestimmung verfährt etwa folgendermaassen. Das kleingeschnittene Material[1]) wird mit 3 bis 8 ccm concentrirter reiner Schwefelsäure[2]) befeuchtet und auf dem Asbestteller erst schwach erhitzt unter vielfachem oder anhaltendem Umrühren mit einem Glasstab.. Es lassen sich zwei, drei, ja vier und fünf Bestimmungen nebeneinander ausführen. Nach 1 bis 2 Stunden etwa ist die Gefahr des Spritzens vorüber und die Masse soweit verkohlt, dass ein ferneres Umrühren unnöthig wird. Nach weiteren 1 bis 3 Stunden, in welcher Zeit die Flamme unter dem Asbestteller allmählich gross gemacht wird, ist die Hauptmenge der organischen Substanzen zu Kohle verbrannt. Man lässt abkühlen, bringt die schwammige Kohle in eine Reibschale und gibt das erhaltene feine Pulver in die gleiche eventuell in eine kleinere Porzellanschale zurück. Ist die Schale wieder angewärmt,

1) Trockene Vegetabilien 20—50 g, frische Vegetabilien 50—100 g, Thierorgane 20—100 g, thierische Flüssigkeiten womöglich 200—300 g.

2) Die Schwefelsäure soll die Chloride in Sulfate verwandeln und späteren Kupferverlusten beim Glühen (Verflüchtigung von Kupferchlorid) vorbeugen. — Aus dem gleichen Grund habe ich später die Asche nicht mit Salzsäure sondern mit Salpetersäure extrahirt.

so kommt sie erst auf ein eisernes Drahtnetz, dann auf einem eisernen Dreieck in eine kleine Flamme, endlich zuweilen in die Flamme eines Terquembrenners. Nach 1 bis 2 Stunden kann der nun grau gefärbte Schaleninhalt mit verdünnter Salpetersäure ausgekocht werden, der grösste Theil der Salze geht in Lösung, und es bleibt beim Filtriren meist nur ein bescheidener Rückstand von schwärzlicher Farbe auf dem Filter. Das Filter wird getrocknet in einem Porzellantigel geglüht und diese Serie von Proceduren so lange wiederholt bis auf dem Filter keine deutlich sichtbaren Mengen mehr zurückbleiben.[1]) Machte die Mineralisirung Schwierigkeiten, so wurde häufig der Rückstand nach ein- bis mehrmaliger Extraction mit Salpetersäure, mit etwas Soda und Salpeter geschmolzen und die Schmelze in Säure gelöst.

3. Die organische Substanz wird in der Porzellanschale auf dem Asbestteller mit oder ohne Zusatz von ganz wenig Schwefelsäure schwach verkohlt, die schwammige Masse pulverisirt, nochmals eine Zeit lang geglüht und hierauf in kleinen Portionen in eine Porcellanschale eingetragen, in der sich reichliche Mengen einer geschmolzenen Mischung von Soda und Salpeter befinden (ein Theil Salpeter auf zwei Theile wasserfreie Soda). Auf diese Weise geht die Mineralisirung besonders rasch von statten. In Zeit von ½ Stunde können Mengen von 10—20 g der pulverisirten verkohlten Substanz durch die Salpetermischung zerstört sein.

Auch diese Methode ist häufig angewendet worden, später aber habe ich, um möglichst wenig Reagentien zu verwenden, der Methode 2 den Vorzug gegeben.

---

1) Die Methode, mit der Orfila seit etwa 1840 arbeitete, ist im wesentlichen dieselbe, die wir anwendeten. Nur scheint Orfila, der sehr genau wusste, dass man das Kupfer aus der Asche und nicht aus der Kohle gewinnen kann, die Veraschung nicht so consequent bis zum letzten Ende durchgeführt zu haben. Wenn man, wie er angibt, die noch kohlehaltige Asche mit Salzsäure nur einmal auskocht, erhält man, wie ich oft beobachtete, immer erst den grösseren Theil des Kupfers. Vergl. Orfila: Lehrbuch der Toxicologie. Deutsch von Krupp, 1854, Bd. I, S. 501. Auch spätere Autoren haben zuweilen die Mineralisirung nicht consequent genug betrieben.

4. Eine Methode, die namentlich zum Mineralisiren von Harn von mir vielfach angewendet wurde ist folgende. Der Harn wurde zuerst auf dem Asbestteller eingeengt, etwa 500 ccm auf 100, wobei zur Vermeidung des Stossens mässige Mengen (ca. 50 ccm) kupferfreier Salpetersäure zugesetzt waren. Zu dem etwas syrupösen eingeengten Harn setzte man dann wieder etwa 10 ccm Salpetersäure und erhitzte weiter unter Umrühren. Es kommt dann ein Moment, wo sich die Masse aufbläht und unter schwächeren und stärkeren Feuererscheinungen und starker Dampfbildung die organische Substanz zum grossen Theil verbrennt. Durch wiederholtes Befeuchten mit Salpetersäure, Eindampfen und schwaches Glühen lässt sich eine solche Harnportion in einigen Stunden in eine vollständig kohlenfreie Salzmasse verwandeln, wobei doch kein Kupfer verloren geht, da die Salzsäure der Chloride durch überschüssige Salpetersäure verdrängt wird, ehe ein eigentliches Glühen beginnt. Auch braucht überhaupt keine starke Hitze angewendet zu werden, da die Nitrate die Oxydation sehr begünstigen.

5. An festen Thierorganen (Leber, Niere etc.) habe ich auch mit Salpetersäure Zerstörungsversuche gemacht. Die Resultate waren aber nicht so, dass ich der Methode einen besonderen Vorzug einräumen könnte. Dieselbe scheint von Orfila und älteren Autoren öfters angewendet zu sein.

II. Die Abscheidung des Kupfers.

Nach allen oben aufgezählten Methoden erhält man das Kupfer schliesslich mit einer grossen Menge von Salzen, Alkalien und alkalischen Erden gemischt in salpetersaurer Lösung. Diese Lösung wurde dann mit Ammoniak schwach alkalisch gemacht, mit einem Tropfen Salzsäure angesäuert; hierauf wurde Schwefelwasserstoff eingeleitet und zwar immer mindestens eine Stunde lang. Hierauf stand die Flüssigkeit meist $^1/_2$ Tag, es wurde dann abermals $^1/_2$ bis 1 Stunde Schwefelwasserstoff eingeleitet und erst hierauf filtrirt. Niemals wurde versäumt, in das Filtrat noch einmal längere Zeit Schwefelwasserstoff einzuleiten. Einen Effect hatte dies aber nur bei den chlorirten Bestim-

mungen, auf die in den folgenden Arbeiten nur sehr selten Bezug genommen ist.

In einigen Versuchen habe ich mich auch bestrebt, elektrolytisch das Kupfer abzuscheiden, da viele Autoren dieses Verfahren vor allem empfehlen. Einen Vortheil der Methode habe ich nicht sehen können und deswegen die elektrolytische Abscheidung — allerdings mit Erfolg — nur in einigen besonderen Fällen angewendet.

III. Die Bestimmung des Kupfers.

Das abfiltrirte Schwefelkupfer wurde geglüht in verdünnter heisser Salpetersäure oder Salzsäure gelöst[1]), häufig auch die Schwefelwasserstofffällung wiederholt. Endlich wurde die salzsaure oder salpetersaure Lösung mit Ammoniak im Ueberschuss versetzt. Dabei schieden sich fast regelmässig Spuren, oft sehr merkliche Mengen von Eisen und Thonerde aus. Die Färbung des ammoniakalischen Filtrates war gleichzeitig eine erwünschte Orientirung über die Mengen des vorhandenen Kupfers. Zur quantitativen Kupferbestimmung habe ich sehr verschiedene Methoden angewendet.

1. Das Kupferchlorid oder Kupfernitrat wurde mit reinster Natronlauge (e natrio) in der Siedehitze gefällt, das Kupferoxyd abfiltrirt, geglüht und gewogen. Diese Methode wurde im Anfange leider viel angewendet, bis ich mich überzeugte, dass man fast regelmässig durch dieselbe viel zuviel Kupfer findet, sobald nur die gewöhnlich vorkommenden kleinen Mengen von einigen Zehntel oder höchstens 1 bis 2 mg vorhanden sind. Durch die Verwendung dieser Methode sind leider eine grosse Anzahl unserer ersten Analysen, namentlich Kupferbestimmungen im Harn, wie sich später zeigte, unbrauchbar geworden. In einer andern Reihe von Fällen war es trotz aller Bemühungen nicht möglich, aus

1) Nicht selten lösten sich grössere oder kleinere dunkle Partikelchen des sehr gut geglühten Sulfidniederschlags weder in Salzsäure noch in Salpetersäure, ja sie widerstanden selbst Königswasser. Durch Schmelzen der Rückstände mit wenig Soda und Salpeter gelang indessen die vollkommene Mineralisirung meist leicht.

der sehr kupferarmen Lösung durch Natronlauge Kupferoxyd zu fällen, es entstanden zeitweilig gar keine Niederschläge[1]), andere Male in der dunkler blau gewordenen Flüssigkeit nur gelbliche, bräunliche Flöckchen; ich kann mir diese nur so erklären, dass kleine Mengen organischer Substanzen unklarer Provenienz die Ausfällung störten und partiell reducirten. Ausserdem liegt es auf der Hand, dass ein Bestimmen von Bruchtheilen von mg auf einer Waage, die auch ungeübten Arbeitern zugänglich sein muss, weil sie immer noch die einzige des Instituts ist, zu schweren Bedenken Veranlassung geben muss.

Die Methode wurde aus diesen Gründen nur angewendet, wenn es sich um Kupfermengen über 6 mg handelte, aber auch in diesem Falle wurde stets das gewogene Kupferoxyd wieder gelöst und seine Menge nach Methode 2 oder 3 controlirt.

2. In der grossen Mehrzahl der Fälle ist die Kupferbestimmung colorimetrisch ausgeführt worden und zwar benützte ich für Mengen von 1 mg bis 0,2 mg die blaue Farbe der ammoniakalischen Kupferhydroxydlösung, für Mengen von 0,2 bis 0,02 mg zeigte sich zur colorimetrischen Bestimmung die verschiedene Intensität der Rothfärbung, welche auf Zusatz von Ferrocyankalium in essigsaurer Lösung eintritt, sehr geeignet. Es wurde also in praxi folgendermaassen verfahren. Die Kupferchlorid- resp. Nitratlösung wurde auf ein Volumen von ca. 15 ccm eingeengt, von beim Erkalten etwa ausgeschiedenem Chlorammonium oder Ammoniumnitrat abfiltrirt, mit ca. 1 ccm Ammoniak versetzt, in ein Reagensglas mittlerer Weite gegossen und auf 20 ccm aufgefüllt. Etwa 20 gleichweite Reagensgläser hatte ich mir aus einer grossen Menge für meine colorimetrischen Versuche ausgesucht. War die Färbung auf Ammoniakzusatz deutlich blau geworden, so wurden von einer Kupferlösung, die in 1 ccm 0,1 mg Cu enthielt, in eine Anzahl Gläser kleine Mengen gebracht, dieselben mit 10%iger Ammoniumnitrat- resp. Chlor-

1) In einer Anzahl von Fällen mag die Löslichkeit des Kupferhydroxyds in überschüssiger Kali- oder Natronlauge Schuld an unserem Missgeschick gewesen sein.

ammoniumlösung auf ca. 15 ccm gebracht und nun ebenfalls ca. 1 ccm Ammoniak zugesetzt. Bei einiger Uebung lässt sich so z. B. angeben, ob man 0,2, 0,25 oder 0,3 mg in einer untersuchten Menge vor sich hat. Grössere Genauigkeit ist nicht möglich, dürfte aber auch mit andern Methoden kaum erreichbar sein. Etwa bis 1 mg liefern zwei um 0,1 mg verschiedene Proben deutlich verschiedene Färbung.

In einer Serie von Versuchen habe ich mich überzeugt, dass auf die Färbung der Kupferoxyd-Ammoniaklösung die gleichzeitige Anwesenheit von Ammoniumnitrat, Ammoniumchlorid, Ammoniumsulfat und Natriumacetat ohne Bedeutung ist. Dagegen fand ich lange keinen Grund, warum die Farbe des Kupferoxydammoniaks bald mehr violettblau, bald mehr grünblau erschien, ein Umstand, der die Vergleichung der Farbenintensität natürlich wesentlich erschwerte. Planmässige Versuche ergaben mir aber im Verlauf der Arbeit folgendes sichere Resultat: Wenn nur geringe Ammoniakmengen einer Kupferlösung zugesetzt wurden, so erhält man eine rothviolette Farbe, bei starkem Ammoniaküberschuss geht dieselbe aus violettblau in blau, durch noch mehr Ammoniak in grünblau über. Man hat also sowohl für die isolirten wie für die Vergleichsproben den Ammoniakzusatz so zu wählen, dass gerade eine rein blaue Farbe der Lösung hervortritt und dann mit Wasser oder Ammoniakwasser auf 20 ccm zu verdünnen. Je kupferärmer die Lösung ist, um so leichter erhält man natürlich bei unvorsichtigem Zusatz von Ammoniak den grünen, je kupferreicher sie ist, um so eher anfangs den violetten Ton.

Färbten sich die zu untersuchenden Kupferlösungen mit Ammoniak nur sehr schwach blau oder grünlichblau, so wurden dieselben mit 1 ccm Eisessig angesäuert und etwas frisch bereitete Ferrocyankaliumlösung zugefügt. Gleichzeitig wurden Vergleichsproben aufgestellt, die zwischen 0,2 und 0,02 mg Kupfer enthielten und die genau ebenso behandelt wurden. Innerhalb dieser Grenzen lässt sich noch recht befriedigend der Kupfergehalt bestimmen, wenn man einige Vorsichtsmaassregeln

beobachtet, die mir im Laufe der Arbeit methodisch angestellte Versuche enthüllten.

Die Reaction von Ferrocyankalium und Kupfer ist ziemlich unabhängig vom Grade der Acidität, weder sehr niederer Säuregehalt noch starker Eisessigüberschuss stört. Dagegen ist der Gehalt an Salzen von ziemlichem Einfluss auf die Reaction. Enthält die Flüssigkeit ausser dem Kupfersalz Essigsäure und Ferrocyankalium keine weiteren Salze, so entsteht eine klare braunrothe Lösung, die sich erst nach sehr langem Stehen unter allmählicher Farbenänderung trübt.

Sind aber andere Salze reichlich vorhanden — ich habe Ammoniumnitrat, Ammoniumsulfat, Ammoniumchlorid und Natriumacetat mit gleichem Erfolg erprobt — so tritt kurze Zeit nach dem Zusatz des Ferrocyankaliums eine Trübung der rothbraunen Flüssigkeit ein, und binnen ½ bis 2 Stunden hat sich das ganze Ferrocyankupfer als braunrother flockiger Bodensatz aus der klar und farblos gewordenen Flüssigkeit abgesetzt.

Die Intensität der Färbung und die Menge der Niederschläge ist bei zahlreichen, mit verschiedenem Säuregehalt und reichlichem Zusatz verschiedener Salze gemachten Proben im Wesentlichen stets dieselbe.

Von sehr bedeutendem Einfluss auf die Intensität der braunrothen Farbe fand ich dagegen Menge und Concentration der stets frisch verwendeten Ferrocyankaliumlösung.

Hat man 0,5 mg Kupfer als Sulfat in 10 ccm Wasser unter Zusatz von 5 ccm 10%iger Ammoniumnitratlösung und 1 ccm Eisessig gelöst und setzt nun wechselnde Mengen Ferrocyankaliumlösung zu, so findet man bei Zusatz von:

					Farbe
A.	0,5	ccm	1‰	Ferrocyankaliumlösung	blass rosa
B.	1,0	»	»	»	rosa
C.	2,0	»	»	»	dunkelrosa
D.	4,0	»	»	»	etwas weniges dunkler als C
E.	8,0	»	»	»	kaum eine Spur dunkler als D

man könnte glauben, dass 2,0 ccm 1‰ Lösung schon fast das Optimum der Reaction geben. Verwendet man aber

F. 0,5 ccm 1% Ferrocyankaliumlösung, so ergibt sich die Farbe dunkelbraunroth
G. 1,0 » » » ebenso
H. 2,0 » » » ebenso.

Es färbt also 0,5 ccm 1% Ferrocyankaliumlösung viel dunkler als 5 ccm 1‰ Ferrocyankali oder — genügenden Ferrocyankaliumgehalt vorausgesetzt — ist der Wassergehalt von wesentlichem Einfluss auf die Farbe. Es hellt sich auch die Farbe (beim Betrachten von oben) wesentlich auf, wenn ich nachträglich zu einer mit 0,5 ccm 1% Ferrocyankaliumlösung dunkel gefärbte Probe 10 ccm Wasser setze.

Daraus folgt, dass die colorimetrische Analyse nur dann richtige Resultate gibt, wenn die Bestimmung und die Vergleichsproben ganz gleich behandelt werden. Ich darf angeben, dass ich dies, allerdings im Anfang ohne genaue Gründe für mein Handeln zu kennen, gethan habe. Es wurde von Anfang an den jedesmal frisch gemachten Vergleichsproben statt Wasser 10%ige Ammoniumnitratlösung oder, wenn bei der Bestimmung Salzsäure verwendet worden war, Ammoniumchloridlösung zugesetzt. Ferrocyankaliumlösung kam in der überwiegenden Mehrzahl der Versuche, der Farbe nach zu urtheilen, circa mit 1% Gehalt zur Verwendung und zwar stets zu Bestimmung und Vergleichsproben in gleicher Menge meist 0,5 ccm. In den späteren Proben ist während einer kurzen Zeit eine schwächere ca. 1‰ Lösung in Mengen von 2 ccm zur Verwendung gekommen, stets zu allen Proben gleichviel. Da nie mehr als 0,3 mg Kupfer mit Ferrocyankalium bestimmt werden sollten, so reichte diese Menge vollkommen aus und die Verdünnung der Proben war auch stets gleich.

Stets wurde bei allen Bestimmungen nicht nur die Farbe der frischen Reaction, sondern auch die Menge der Niederschläge nach ca. 4stünd. Stehen[1]) beobachtet. Fast durchweg stimmten

1) Bei längerem Stehen bleibt die Farbe der über dem Ferrocyankupferniederschlag stehenden Flüssigkeit farblos, wenn wenig Ferrocyankalium

diese Resultate sehr befriedigend. — Einige wenige Analysen mit nicht befriedigender Uebereinstimmung der Bestimmung nach der bläulichen Farbe der Ammoniakprobe (soweit sie zu erkennen war), der rothbraunen der frischen Ferrocyankaliumprobe und der Menge der Ferrocyankupferniederschläge wurden ganz vernachlässigt.

Wo ich mit Ferrocyankalium kein Kupfer fand, nahm ich an, es sei keines vorhanden oder: Kleinere Mengen als 0,02 mg wurden nicht mehr zu bestimmen gesucht. In Uebereinstimmung mit A. Wagner[1]) finde ich, dass noch 0,005 mg Cu in 1 ccm Wasser gelöst eine sehr schwache röthliche Färbung geben, um aber 10 ccm Wasser merklich zu färben, ist 0,02—0,03 mg Cu nöthig.

Mit Guajak und Blausäure (Schönbein'sche Reaction) haben Mach und Portele[2]) gearbeitet und damit äusserst kleine Kupfermengen noch bestimmt; ich glaubte, diese letzten mit Ferrocyankalium nicht mehr nachweisbaren Spuren vernachlässigen zu dürfen.

3. Ich[3]) habe mich ferner durch vielfache Controlversuche überzeugt, dass auch die Titrirung mit Jodkalium nach der de Haën'schen Methode sehr gute Resultate liefert und habe diese Methode im späteren Theil meiner Arbeit meist angewendet, wo so grosse Kupfermengen vorhanden waren, dass die colorimetrische Bestimmung derselben in einer Portion in einem Reagensglas nicht möglich war. Es sind deshalb Mengen etwa von 1,5 mgr aufwärts meist neben einander colorimetrisch und titrimetrisch bestimmt worden. Die Uebereinstimmung war durchweg sehr befriedigend, meist vortrefflich.

---

verwendet war, sie färbt sich rasch gelb bei reichlicher Ferrocyanverwendung. In diesem Falle tritt auch allmählich durch Zersetzung des Ferrocyankaliums ein blauer Ferrocyaneisenniederschlag auf. Lösungen mit Ferrocyankupferreaction, die nicht viel Alkali- oder Ammoniaksalze enthalten, also das Ferrocyankupfer nicht ausfallen lassen, verfärben sich langsam aus braunroth in gelbbraun, braungrün, dunkelgrün.

1) A. Wagner, Zeitschrift für analyt. Chemie, XX, S. 351.

2) Mach und Portele, Tiroler landwirthschaftliche Blätter, 1887.

3) Vergl. K. B. Lehmann, Archiv für Hygiene, Bd. XIV, S. 143.

Die Methode verfährt folgendermassen. Man setzt zur Kupferlösung, welche schwach sauer sein muss aber ziemlich stark sauer (Schwefelsäure) sein kann, einige ccm einer gesättigten frischen Jodkaliumlösung oder ca. 0,5—1 g festes Jodkalium. Es entsteht Kupferjodür und freies Jod, die Umsetzung dauert nur wenige Minuten. Das Jod wird dann titrimetrisch mit Natriumthiosulfat bestimmt. Die ganze Bestimmung dauert 4 bis 5 Minuten; 1 ccm $^1/_{100}$ Natriumthiosulfat = 0,63 mgr Cu. Die Titration ist beendet, sowie die Lösung zum ersten Mal farblos ist, beim Stehen weiter entstehende Gelbfärbung ist zu ignoriren. Diese Methode scheint neuerdings auch bei anderen Forschern Anerkennung zu finden. (vgl. z. B. Lobry de Bruyn in Chem. Zeit. Rep. 1891 p. 355.)

Zur Prüfung der Genauigkeit der Reaction wurden folgende Proben titrit:

Je 5 mgr Kupfer als Sulfat wurde versetzt

1.	mit	10	ccm	10%iger	Jodkaliumlösung,	
2.	»	3	»	»	»	
3.	»	1	»	»	»	
4.	»	3	»	»	»	+ 1 Tropfen 10% H_2SO_4,
5.	»	3	»	»	»	+ 1 ccm 10% H_2SO_4,
6.	»	3	»	»	»	+ 10 ccm 10% H_2SO_4,
7.	»	3	»	»	»	+ 1 Tropfen 10% H_2SO_4 + 10 ccm 10% NH_4NO_3,
8.	»	3	»	»	»	+ 1 ccm 10% H_2SO_4 + 10 ccm 10% NH_4NO_3,
9.	»	3	»	»	»	+ 10 ccm 10% H_2SO_4 + 10 ccm 10% NH_4NO_3.

Das Resultat der Titrirung war stets dasselbe und genau der Theorie entsprechend.

Wenn die Methode angewendet werden sollte, suchte ich thunlichst die vorhandenen Nitrate und event. Nitrite durch Abdampfen der zu untersuchenden Flüssigkeit mit Ammoniumsulfat zu entfernen, obwohl obiger Controlversuch die Unschädlichkeit der Nitrate dargethan. Andere Male löste ich direct das Kupferoxyd in Schwefelsäure und titrite, nachdem ich den Säureüberschuss mit Ammoniak theilweise abgestumpft.

Bei den spärlichen Titrirungen, die ich im Laufe der Arbeit wegen unsicherer Endreaction verwerfen musste, glaube ich das schlechte Resultat auf anwesende Nitrite schieben zu dürfen, die sich bekanntlich mit Jodkalium auch, aber etwas langsam, umsetzen.

4. Wägungen des elektrolytisch abgeschiedenen Kupfers habe ich nur ganz ausnahmsweise gemacht.

Nachdem ich mich zur Kupferisolirung für das Verbrennen der Organe unter Schwefelsäurezusatz entschieden und die colorimetrische Bestimmung als Hauptbestimmungsmethode gewählt, musste einmal gezeigt werden, dass

1. die Methode alles vorhandene Kupfer entdeckt, resp. nicht mit Kupferverlusten verbunden ist;

2. dass meine Reagentien und Methoden mir da, wo von Hause aus kein Kupfer ist, auch keines vertäuschen oder hineinbringen.

Für die erste Beweisführung war es nöthig zu beweisen, dass kleine zu Organen zugesetzte Kupfermengen gefunden wurden. Ich machte zu diesem Zweke sehr viele Versuche, durch die ich die Nothwendigkeit absoluter Veraschung, der colorimetrischen Bestimmung kleiner Mengen etc. lernte, die ich ich aber hier nicht mitzutheilen brauche, weil sie immer noch mit einzelnen Fehlern behaftet waren. Nach all' diesen Erfahrungen wurde folgender Controlversuch ausgeführt, dessen Resultat mir die Brauchbarkeit meiner Methoden ergab.

50 g Rindsleber wurden mit Salpetersäurezusatz verascht, der Aschenrückstand mit Soda und Salpeter geschmolzen, der Salzsäureauszug mit H_2S gefällt, das geglühte CuS in Salpetersäure gelöst und mit NH_3 colorimetrisch bestimmt. So wurden sechs Proben verarbeitet.

50 g Hammelleber ohne Zusatz lieferten:

0,9; 0,8; 1,0; 1,0, im Mittel 0,92 mg Kupfer.

50 g Hammelleber + 1 mg Cu (als Sulfat) lieferte genau gleich behandelt (lang geglüht) = 2,0 mg Cu.

50 g Hammelleber + 5 mg Cu (als Sulfat) lieferte genau gleich behandelt (lang geglüht) = 5,85 mg Cu.

Ich glaube, dass diese Genauigkeit bei den complicirten Manipulationen und der langen Dauer jeder einzelnen Bestimmung als vollkommen befriedigend angesehen werden darf. Es wird also alles vorhandene Kupfer gefunden.

Vor Kurzem habe ich, um nochmals die Methode scharf an einem pflanzlichen Product zu prüfen. folgende 6 Analysen gemacht:

		Minimale Spur
a) 5 g rumänischer Weizen[1])	weniger als	0,01
b) 5 » » »	. . . . . .	0,01
c) 5 » » »	+ 1 mg Cu .	1,0
d) 5 » » »	+ 1 » » .	0,9
e) 5 » » »	+ 0,1 mg Cu .	0,1
f) 5 » » »	+ 0,05 mg Cu	0,05—0,1[2])

Man könnte mir einwenden, dass ich in d) 0,1 mg Cu zu wenig gefunden — ich weiss nicht, ob bei colorimetrischen Arbeiten solche Fehler ganz vermeidbar sind — mich befriedigt das Resultat in hohem Maasse.

Nun liegt mir der Beweis ob, dass ich nicht mehr Kupfer fand, als da war. Angesichts der vielen Autoren, die alles gefundene Kupfer auf Fehler (im weitesten Sinne) der Untersucher schieben wollten, erheischt dieser Beweis grosse Sorgfalt.

Die Reagentien: Salpetersäure, Salzsäure, Natriumnitrat, Natriumcarbonat erwiesen sich ebenso wie die Filter von Schleicher und Schüll (vergl. S. 19) frei von Kupfer.

Die concentrirte Schwefelsäure enthielt in 50 g weniger als 0,1 mg Cu; es wurde nie mehr wie 10 ccm (dies nur bei kupferreichen, voluminösen Organen), sonst nie über 3 bis 5 ccm angewendet.

Besondere Aufmerksamkeit erheischt das destillirte Wasser. Dasselbe wurde anfangs aus einer angesehenen Würzburger Apotheke bezogen und erwies sich als kupferfrei. Nach längerer Zeit fiel plötzlich auf, dass in den Bestimmungsresultaten in

1) 20 g dieses Weizens — des kupferärmsten der mir vorgekommenen — enthalten nur etwa 0,02 mg Cu.

2) Reaction mit Ferrocyankalium etwas abnorm ausgefallen.

ganz unregelmässiger Weise mehr Kupfer wie früher gefunden wurde. Nach langem Untersuchen fand ich, dass jetzt das betreffende Wasser 1,1 mg Cu in 1 l enthielt! Dass die mühsame Arbeit von etwa zwei Monaten einfach cassirt wurde, versteht sich von selbst. Von da ab wurde vorwiegend von uns selbst aus Glas destillirtes Wasser zu den Analysen benützt — ich werde es künftig nie anders machen.

Meine messingenen Brenner (es waren oft 20 gleichzeitig in Benutzung) durch eiserne zu ersetzen ging nicht an[1]). Ich habe mich aber durch wenigstens ½ Dutzend Analysen unseres kupferfreien Leitungswassers überzeugt, dass durch die Manipulation des Arbeitens im Institut keine nachweisbaren Kupfermengen in die Analyse gelangen[2]). Wie klein diese Gefahr ist, zeigte mir auch noch folgender Versuch: Ich klopfte aus 5 Brennern durch Aufschlagen auf Papier die krümeligen Massen heraus, die sich in kleiner Menge angesetzt hatten. Diese Massen, mit Soda und Salpeter geschmolzen, lieferten nur 0,2 mg Cu! Kupferne Wasserbäder, kupferne Drahtnetze und kupferne Trockenschränke fanden nätürlich bei diesen Untersuchungen keine Verwendung. Alle Analysen, die längere Zeit auf dem Feuer stehen mussten, namentlich die Schalen, in denen Harn und andere Flüssigkeiten langsam abgedampft wurden, waren stets durch Schutztrichter vor dem Hineinfallen von Verunreinigungen geschützt.

1) Auf Einwände Lossen's (Journal für pract. Chemie, Bd. 96, S. 460 und Bd. 97, S. 512) hin, dass die kupfernen Laboratoriumsgeräthe das gefundene Kupfer ganz oder zum Theil lieferten, hatte Ulex seine Hauptversuche unter peinlichsten Vorsichtsmaassregeln wiederholt und sie bestätigt gefunden. (Zeitschrift für analyt. Chemie, Bd. XXI, S. 480, 1882). — Raoult und Breton, die alle denkbaren Vorsichtsmaassregeln anwendeten, sogar ihre Gummischläuche auf Kupferfreiheit prüften, fanden ganz die gleichen Werthe in der Menschenleber wie ich. (Comptes rendus, T. 85, 1877, S. 42.) — Auch B. Fischer's Bedenken in gleicher Richtung (Ch. Z. 1891, S. 76) erwiesen sich ihm selbst als unbegründet, auch bei Verwendung emaillirter eisener Wasserbäder fand er in Thierorganen Kupfer in weiter Verbreitung.

2) Ausserdem wurden immer wieder neben Analysen, die einen erheblichen Kupfergehalt zeigten, Proben gefunden, die ganz oder fast ganz frei von Kupfer waren — was unmöglich wäre, wenn die Reagentien den Kupfergehalt verschuldeten.

Das allerdings muss ich natürlich zugeben, dass auch von meinen Analysen die eine und andere durch einen unglücklichen Zufall eine Beimischung von Kupferspuren erhalten haben kann; ich habe aber so oft Analysen doppelt angestellt und mich von ihrer befriedigenden Uebereinstimmung überzeugt, dass ich nicht fürchte, dass derartige theoretisch nicht ganz vermeidbare Fehler häufig begegnet sind. Ausserdem habe ich die absolute Zahl der Analysen (mindestens 1000 quantitative Kupferbestimmungen) so vermehrt, dass einzelne Irrthümer die Gesammtresultate nicht beeinflussen.

Die Gründe, warum Danger und Flandin[1]) und später Tardieu und Roussin[2]) kein Kupfer in den Organen normaler Thiere fanden, liegen heute auf der Hand. Sie beruhen, wie schon Orfila[3]) zeigte, auf ungenügender Veraschung; zieht man allerdings nur die Kohle oder die schwach geglühte Kohle einmal mit Salzsäure aus, so findet man kein Kupfer oder nur einen kleinen Theil des vorhandenen. Es ist schwer zu begreifen, wie Tardieu und Roussin[2]) noch 1867 apodictisch aussprechen konnten: »Kein verständiger Chemiker glaubt mehr an das normale Kupfer im Thierkörper«, während doch einige sorgfältige Versuche mit Leberstücken sofort die Frage in positivem Sinne entscheiden. Unverständlich blieb mir auch die Angabe, dass Trasbot[4]) 1877 in den Organen eines mit Kupfer vergifteten Pferdes (unter anderem auch in der Leber) kein Kupfer finden konnte, die Angabe lag mir jedoch nicht im Original vor.

Auch ungenügende Chlorirung kann gewiss das Auffinden des Kupfers vereiteln; in dem berühmten Streite Millon[5]) contra Melsens war aber jedenfalls Millon im Wesentlichen im Unrecht.

---

1) Danger und Flandin, Comptes rend. de l'Acad., 1843. Sitzung vom 24. Juli.

2) Tardieu und Roussin, Traité sur les empoisonnements. Paris 1867, p. 543.

3) Orfila, Mémoires de l'acad. royale de médecine, 1840, T. VIII, p. 522 und Lehrbuch der Toxicologie, deutsch von Krupp, Bd. I, S. 499.

4) Trasbot, Archives véterinaires, 25 juin, 1877.

5) Millon, Annales de chimie et de physique, 1848, Tome XXIII, p. 372. Melsens, l. c., p. 358.

Die enormen Mengen Kupfer und Blei, die Millon durch Anwendung der Chlorirungsmethode im Blute gefunden haben wollte, waren sicher nicht von Hause aus darin; wo sie herstammten, ist nicht aufgeklärt[1]). Ebensowenig ist verständlich, wie Melsens ausser Stand sein konnte, überhaupt eine Spur Kupfer im Blute zu finden, da er doch in der Mehrzahl der Analysen mit aller Vorsicht arbeitete und die Rückstände der Chlorirung noch veraschte. Jedenfalls trägt dieser Streit nicht dazu bei, für die Zerstörung der organischen Substanz durch Chlor zu erwärmen.

1) Millon's Annahme, dass der Gebrauch von Kupfergeschirren in der Küche das Blut der von ihm untersuchten Soldaten so kupferreich gemacht habe, kann kaum ernst genommen werden. Annales de Chim. et de Phys., 3. série, 1848, XXIV, p. 255. — Auffallend ist, dass Millon in seiner ersten Erwiderung an Melsens (Annales de Chim. et de Phys. 3. série, 1848, XXIII, p. 508), wo ersterer angibt, auch durch Veraschung Kupfer (und Blei) im Blute gefunden zu haben, gar keine quantitativen Angaben mehr macht.

Hygienische Studien über Kupfer.

II. Der Kupfergehalt der menschlichen Nahrungsmittel.

Von

Prof. Dr. **K. B. Lehmann,**

z. Th. unter Mitwirkung der Herren Dr. Dr. **Mock, Kant** und **Lang.**

(Aus dem hygienischen Institut in Würzburg.)

Einleitung.

Kupfer ist von den verschiedensten Autoren in allen denkbaren organischen Stoffen gefunden worden. Ich hatte zuerst die Absicht ein vollständiges Verzeichnis des Inhaltes all' dieser Arbeiten in tabellarischer Form zu geben, ich ziehe es jetzt aber vor, nur die Arbeiten zu berücksichtigen, die quantitative Angaben bringen und mich im Wesentlichen auf die Stoffe zu beschränken, welche als Nahrungsmittel Verwendung finden.

Streng soll im Folgenden unterschieden werden für thierische und pflanzliche Organismen:

A. Kupfergehalt durch Absorption im lebenden Zustand (Activ aufgenommenes Kupfer).

α) Der natürliche Kupfergehalt unter normalen Verhältnissen, d. h. von Organismen, die unter solchen Verhältnissen erwachsen sind, dass eine absichtliche oder zufällige Zufuhr anderer Kupfermengen als der allgemein verbreiteten und desshalb unvermeidlichen vermieden ist.

β) Der natürliche Kupfergehalt unter abnormen Verhältnissen, d. h. von Organismen, denen absichtlich oder unabsichtlich Kupfer zugeführt worden ist.

B. Kupfergehalt durch absichtliche oder unabsichtliche Kupferzufuhr zu dem todten Nahrungsmittel. (Passiv aufgenommenes Kupfer.)

A. Kupfergehalt durch Absorption in lebendem Zustand. (Activ aufgenommenes Kupfer.)

1. Das Pflanzenreich.

a) Kupfergehalt unter normalen Verhältnissen.

Der Kupfergehalt von Vegetabilien wurde zuerst von Prof. John in Berlin 1814 und 1815 beobachtet und in einer 1816 in Holland preisgekrönten aber erst 1819 gedruckten Schrift[1]) mitgetheilt. Die erste gedruckte Mittheilung über Kupfer in Vegetabilien stammt von dem Hallenser Apotheker W. Meissner[2]) (1816), der namentlich eine Reihe officineller Pflanzen untersuchte. Die 1817 von Bucholz und Meissner (Almanach für Scheidekünstler und Apotheker für 1817) publicirte Entdeckung des Kupfers in der Zittwerwurzel und der Vanille scheint trotz der späteren Jahreszahl der Publication vor der von Meissner allein publicirten Arbeit angefertigt. Auch die erste mir zugängliche Publication von John[3]) bringt nur einige dürftige qualitative Angaben. — In den nächsten Jahren sollen John und Meissner, wie ich aus einem gelegentlichen unvollständigen Literaturcitate von Galippe entnehme, auch quantitative Kupferbestimmungen angestellt und pro Kilo Weizen 5 mg ermittelt haben, das sich ganz vorwiegend in der Kleie fand. Die Publicationsstelle dieser Arbeiten habe ich bei dem bescheidenen Umfang der in Würzburg zugänglichen Literatur nicht gefunden, vielleicht gehört diese erste quantitative Bestimmung überhaupt Sarzeau.

1) John, Die Ernährung der Pflanzen. 1816 in Holland gekrönte Preisschrift, Berlin 1819, S. 250—275, mir nicht zugänglich.

2) Schweigger's Jahrbuch der Chemie und Physik, 1816, Bd. XVII, S. 340 und 436.

3) John, Berliner Jahrbuch für Pharmacie, 1820, Bd. S. 113.

4) Berzelius, Löthrohranalyse, 1821. In den gewöhnlichen Filtrirpapieren ist Kupfer leicht nachweisbar, dagegen waren die Filter von Schleicher und Schüll zur quantitativen Analyse frei von Kupfer.

In Frankreich wies Sarzeau[1]) 1830—1833 in mehren Hundert Pflanzen Kupfer nach und veranlasste damit ein weiteres Studium der Frage; auch machte er einige quantitative Bestimmungen. Boutigny[2]) (d'Evreux) bestätigte Sarzeau in vielen Untersuchungen und würde ihn ganz bestätigt haben, wenn er grössere Mengen zur Untersuchung genommen. Chevreul's auf dürftige Untersuchungen gegründete, zum Theil oberflächliche Einwände[3]) wurden leicht wiederlegt.

Von weiteren Autoren, denen wir Untersuchungen über den Kupfergehalt von Vegetabilien verdanken, sind namentlich zu nennen: Deschamps[4]) (d'Avallon), Langlois[5]), und in späterer Zeit besonders Galippe[6]), der sich auch um die Erschütterung der alten Vorurtheile in der Toxikologie des Kupfers so vielfache Verdienste erwarb.[7])

Es bedarf natürlich keines weiteren Wortes, dass das Kupfer der Pflanzen aus dem Boden stammt, was schon die ersten deutschen Beobachter einsahen (John l. c.) und dadurch sicher stellten, dass sie Kupfer in kleinen Mengen in verschiedenen Erdproben nachwiesen. In weitem Umfang wies namentlich Walchner[8]) die Verbreitung des Kupfers besonders als eines Begleiters des Eisens nach, und Deschamps (l. c,) und Boutigny (l. c.) bewiesen, dass stets der Kupfergehalt einer Planze auch einen Kupfergehalt des Erdbodens an der betreffenden Stelle bedeute. Noch nähere Studien hierüber machte Wicke[9]) und Dieulafait[10]).

---

1) Sarzeau, Journal de pharmac et de chimie, Bd. XVI, 1830, p. 505 und Bd. XVIII, 1832, p. 217, 332, 653.

2) Boutigny (d'Evreux), Journal de chimie méd., Bd. IX, p. 147.

3) Chevreul, Comptes rendus, 30. April 1832.

4) Deschamps, Journal de Pharmac et de Chim., 3. sér., Vol. 13, p. 91, 1848.

5) Langlois, Bull. de la Soc. Royale de Médec., T. XIII, 1847/48, p. 142.

6) Galippe, Revue d'hygiène, 1883, p. 28—34. Societé de Biolog., 1882, p. 776.

7) Galippe, Thèse pour le doctorat. Paris 1875.

8) Walchner, Liebig's Annalen, Bd. 61, S. 205, 1847.

9) Wicke, Göttinger Nachrichten Nr. 13, 1864, S. 269.

10) Dieulafait, Comptes rendus, Bd. XC, p. 703, 1880.

Auf die Behauptungen, das Kupfer, das scheinbar in Pflanzen gefunden sei, stamme stets aus den Reagentien, lohnt es nicht näher einzugehen. (Vgl. S. 16).

Ich lasse nun alle mir bekannt gewordenen quantitativen Angaben über den Kupfergehalt von zur Nahrung dienenden Pflanzen, die unter natürlichen Verhältnissen gewachsen sind, folgen. Zahlreiche eigene eingefügte Analysen lassen jetzt wohl ein für praktische Zwecke vollkommen ausreichendes Urtheil über den Kupfergehalt in Vegetabilien fällen.

Alle Angaben beziehen sich auf mg Kupfer in 1000 g der frischen bzw. lufttrockenen Substanz.

Tabelle I.

Getreide.

Getreideart	Herkunft	Bemerkung	mg Cu	Untersucher	Ort der Veröffentlichung
Weizen .	Deutschland		5	Meissner	Citirt nach Galippe, (c.) 1820.
» . .	Frankreich		4,7	Sarzeau	Journal de pharmac., XVIII, p. 619, 1832.
» . .	»		4,0	Deschamps	Journ. de pharm. et de chim. 3 sér., Vol. XIII, 1848.
» . .	Mittelfrankr.		10,0	Galippe	Revue d'hygiène, 1883, p. 28—34. Societé de Biologie, 1882, p. 776.
» . .	Dép. Indre		8,0	»	
» . .	Oise		5,2	»	
» . .	Brie		5,4	»	
» . .	Amerika	(Redwinter)	8,5	»	
» . .	»	(weich)	10,8	»	
» . .	Kalifornien		5,0	»	
» . .	Algier		6,2	»	
» . .	Russland		8,8	»	
» . .	Belgien	(Saatkorn vielleicht gekupfert)	9,4	van den Berghe	Bull. de l'Acad. de Méd. de Gand, 1881, Dec.
» . .	»		9,3	»	Revue internat. des Falsific., 1890, p. 175.
» . .	Ungarn	(Debreczin)	7,5	K. B. Lehmann	1895.
Weizenmehl	Frankreich	} im Durchschnitt	8,4	Galippe	a. a. O.
Weizenkleie	»		14,0	»	
Roggenmehl	»		3,1-3,3	Deschamps	a. a. O.
»	»		1,5-5,0	Galippe	a. a. O.
Gerste . .	»		10,8	»	a. a. O.

Getreideart	Herkunft	Bemerkung	mg Cu	Untersucher	Ort der Veröffentlichung
Hafer . .	Belgien		10,3	van den Berghe	a. a. O., 1881.
» . . .	»		10,7	»	a. a. O., 1890.
» . . .	Frankreich		8,5	Galippe	a. a. O.
Reis . . .	?		6,3	Deschamps	a. a. O.
» . . .			6,1	Donny	
» . . .			1,6	Galippe	a. a. O.
Mais . . .	gekauft in Würzburg		4,4	K. B. Lehmann	1894.
Buchweizen .	Ungarn	(Debreczin)	5,0	»	1895.
Mischelfrucht[1]) .	Baden		12,5	»	1895.

Natürlich liefert kupferhaltiges Getreide auch kupferhaltiges Brot. Van den Berghe a. a. O. 1881 fand das von ihm untersuchte belgische Brot ausnahmslos kupferhaltig und zwar auch in Fällen, wo jede Möglichkeit eines Kupferzusatzes ausgeschlossen war. In dieser älteren Arbeit gibt er 8—10 mg Kupfer pro Kilo Brot (offenbar Brottrockensubstanz?) an. Neuerdings (Rev. intern. des Falsific, 1890. S. 175) fand v. d. Berghe in 1 Kilo Brot 11,4 mg. Galippe (Société de Biologie 1882. S. 776), der seine Angaben offenbar auf frisches Brot bezieht, findet in 1 Kilo:

Tabelle II.

Brot.

Brot (städtisches)	4,4	mg	Kupfer
Feinstes Weizenbrot (pain de gruau) . . . , .	5,2	»	»
Englisches Brot	Spuren		
Weizenbrot der städtischen Hilfsgesellschaft in Paris	4,4—5,5	»	»
im Mittel	4,7		»
Pariser Commisbrot (offenbar Weizenbrot)	3,6—8,0	»	»
Roggenbrot (im Durchschnitt)	2,46	»	»
» im Maximum	4,4	»	»
» im Minimum	4,5	»	»

Ich fand in grobem, badischem Roggenbrot 3,5 mg pro Kilo.

1) Zusammengebautes Gemisch von Weizen, Gerste, Erbsen und Linsen.

Ueber Gemüse liegen nicht viele Analysen vor, ich habe desshalb einige Ergänzungsanalysen vorgenommen:

Tabelle III.

Gemüse und Obst.

Gemüse	Vaterland	mg, Cu in 1 kg	Autor	Publicationsstelle
Kartoffeln . . .	Frankreich	2,84	Deschamps	a. a. O., 1848.
» . . .	»	1,8	Galippe	Soc. de Biol., 1883, p. 248.
» . . .	»	2,5	Mestre[1])	L'union pharm., 1890, p. 110.
» . . .	Würzburg	1,75	K. B. Lehmann	1894.
Gelbe Rüben . .	Frankreich	Spuren	Galippe	a. a. O.
Bohnen v. Soissons	»	11	»	
Grüne Bohnen . .	»	2,2	»	
Bohnen (pois beurre)	»	2,0	»	
Kleine Bohnen (lufttrockene Samen) .	Budapest	9,0	K. B. Lehmann	1894.
Linsen	Frankreich	6,8	Galippe	a. a. O.
Salat I	Würzburg	0,5	K. B. Lehmann	1894.
Salat II	»	0,15	»	
Gurken	»	1,5	»	
Aprikosen . . .	»	0,75	»	
Kirschen m. Steinen	»	1,5	»	
Birnen	»	0,5	»	
Frische »Chinois«[2]) gelb	»	0,9	Mayrhofer	Zehnte Versammlung d. bayr. Chem. in Augsburg 1891.
Frische »Chinois« grün	»	1,1	»	» »

Im Cacao und der Chocolade hat Duclaux 1871 einen normalen ziemlich bedeutenden Kupfergehalt entdeckt[3]), den man früher als aus kupfernen Maschinentheilen stammend angesehen hatte. Die Resultate sind von Galippe (Soc. de Biol. 1883 p. 245) bestätigt, doch hat Galippe nur Werthe gefunden,

1) Boden etwas mit Kupfersulfatlösung bespritzt. Vergl. S. 24.

2) Chinois sind unreife bittere Pomeranzen.

3) Zuerst von Rossignon beobachtet: 100 g Kohle von Chocolade enthält 0,07 bis 0,5 g Kupfer. Compt. rend., 1843, 11. Sept.

die dem Durchschnitts- und Mittelwerth Duclaux's entsprechen, nicht seine Maximalwerthe.

Duclaux	Galippe
Cacao in 1 Kilo (4 Analysen)	Cacao in 1 Kilo (12 Analysen)
9—40 mg	11—29 mg
Cacaoschalen	Cacaoschalen
35—250	—
Chocolade	Chocolade
5—125	5—20
(meist 7—20).	

Es scheint demnach, als ob Galippe nur feine, schalenfreie Proben untersucht hätte, während zur Zeit von Duclaux' Untersuchungen Fälschungen der Chocolade durch Schalenzusatz häufig waren.

Eigene Untersuchungen von Cacaoschalen, die ich der hiesigen Chocoladefabrik von Wucherer verdanke, ergaben auch kräftigen Kupfergehalt, in 10 g lufttrockenen Schalen wurde 0,4 mg, also pro 1 Kilo = 40 mg Kupfer, gefunden. — Ob bei dem hohen Werthe von 250 mg Kupfer pro Kilo Schalen, den Duclaux fand, nicht an eine zufällige Verunreinigung der Schalen (Mühlenbestandtheile, Erde etc.) gedacht werden muss, bleibt unentschieden.

Soviel über den natürlichen Kupfergehalt der Pflanzen.

Ueber die Versuche, künstlich durch Imprägnirung des Bodens mit Kupfer den Kupfergehalt der Pflanzen stärker zu machen, kann ich nur kurz referiren. (Näheres siehe bei Tschirch: Das Kupfer, S. 17.)

Mestre[1]) cultivirte Kartoffeln auf einem mit Kupfervitriol bespritzten Boden, was noch nicht hinreichte, um den Kupferinhalt der geernteten Knollen wesentlich zu erhöhen. Er fand im Durchschnitt von 4 Versuchsreihen 2,5 mg im Kilo frischer Kartoffel, was sehr gut mit den S. 23 angeführten Werthen für normale Kartoffeln stimmt: 1 Kilo (1,8—2,8 mg).

1) Mestre, L'union pharm., 1890, p. 110; citirt nach Tschirch.

Tschirch (a. a. O.) hat durch energische Kupferzufuhr zum Boden bedeutendere Kupfermengen in Feldfrüchte hineingebracht. Es wurden auf 2 qm ebenen Bodens in 2 Zeiten je 2 kg gepulvertes Kupfersulfat ausgestreut und in dem geernteten Weizen nicht weniger als 264 mg Kupfer pro Kilo des geernteten Stroh's und 152 mg Kupfer pro Kilo (ungedroschener) Aehren gefunden. In einem zweiten Versuch wurden auf 2 Quadratmeter nur einmal 2 kg Kupfersulfat ausgestreut und in einem Kilo lufttrockener Weizenähren nur 66,3 mg Kupfer geerntet. 1 Kilo Kartoffel auf einem ebenso präparirten Boden gewonnen, enthielt 16 mg Kupfer. Die Zahlen der letzten beiden Versuche sind erheblich, die des ersten Versuchs ausserordentlich bedeutend, sehr viel höher als die unter normalen Umständen beobachteten.

Sehr zahlreiche Versuche sind angestellt, um den Uebergang des Kupfers in die verschiedenen Theile des Weinstocks, besonders der Traube, festzustellen, wenn die Blätter der Reben zur Bekämpfung der Peronospora mit Kupfersulfat und Kalkmilch besprengt werden.

So fanden Millardet und Gayon[1]) in 1 Kilo:

Frische Blätter	19,1—95,5 mg
Rebholz	5,8 »
Kämme	15—18 »
Trester	11,1—21,9 »
Most	1—2,2 »
Wein höchstens	0,1 »

Besonders eingehende Studien haben Mach und Portele[2]) über diese Fragen angestellt. Es enthielt darnach 1 Kilo Blätter 489 und 520 mg (an den am 17. November geernteten Blättern zeigten sich noch deutlich bläulich weisse Flecken von der Behandlung mit Kupferkalk, die offenbar nicht abgewaschen wurden).

Trester	2,3—6,3 mg
Frische Trauben	3,2 »
Hefe	11,4—11,7 »
Wein	0,06—0,29 »

1) Millardet et Gayon, Compt. rend., C. 1, 985.

2) Mach und Portele, Tiroler landwirthsch. Blätter, 1887, Nr. 6.

Bei längerem Lagern fallen diese kleinen Kupfermengen durch den stets spurweise vorhandenen Schwefelwasserstoff bis auf kaum nachweisbare Mengen etwa 0,02 auch noch aus.

Anhang.

Ueber den Kupfergehalt ungarischer Vegetabilien.

Nicht in meine Tabellen aufgenommen habe ich die Angaben von Prof. Dr. Victor Vedrödi[1]) in Debreczin, die von einem ausserordentlichen, bisher von keinem anderen Autor beobachteten Kupfergehalt von ungarischen Vegetabilien berichten. Das Kupfer wurde durch Ausziehen der im Muffelofen veraschten Samen mit Salzsäure, Fällung des Auszugs mit H_2S und Wägung des durch Glühen des Kupfersulfids entstandenen Kupferoxyds bestimmt. Die Thatsache, dass sich das Kupferoxyd leicht in 2 Tropfen concentrirter Schwefelsäure grünlich löste und mit Ammoniak eine tiefblaue Farbe gab (ohne Rückstand zu hinterlassen?) scheint, wie auch Vedrödi schliesst, die Reinheit seines Kupferoxyds darzuthun.

Der Boden (humusreicher Sandboden) enthielt 80—1440 mg Kupfer im Kilo; die Pflanzensamen enthielten durchschnittlich etwa 4mal so viel Kupfer als der Boden, auf dem sie gewachsen.

Die überraschenden Zahlen Vedrödi's lauten: Es enthält 1 Kilo

Eichenholz	480	mg Kupfer
Eichenblätter	160	» »
Eicheln	320	» »
Weizen vom Herbst	1680	» »
» » Frühjahr	880	» »
Roggen	1520	» »
Gerste	960	» »

1) Das Kupfer als Bestandtheile der Sandböden und unserer Culturgewächse. Chemiker-Zeitung 1893, Nr. 104, S. 1932.

Hafer	2800	mg	Kupfer
Moorhirse	880	»	»
Durrahirse	2400	»	»
Buchweizen	6960	»	»
Schwarze Bohnen . . .	320	»	»
Pferdebohnen	3040	»	»
Saubohnen	2640	»	»
Mais (Nonarotello) . . .	3120	»	»
Mais von Mauthner . .	480	»	»

Da diese Zahlen z. Th. mehr als zehnfach höher sind, als die von Tschirch auf intensiv gekupfertem Boden erhaltenen Werthe, wandte ich mich an Herrn Prof. Vedrödi mit der Bitte um Ueberlassung von Material, um mich von der Thatsächlichkeit der Angaben zu überzeugen. Dieselben mussten, wenn sie richtig waren, die ganze Frage der Toxikologie des Kupfers mit einem Schlage entscheiden, denn der Umstand, dass die Bevölkerung von Debreczin noch lebt, trotzdem sie in jedem Kilo Getreide bis zu 1,6 Gramm Kupfer verzehrt, hätte jeden Zweifler an der Unschädlichkeit mässiger, ja grosser Kupferdosen belehren müssen.

Meinem Wunsche wurde von Herrn Prof. Vedrödi in der liebenswürdigsten Weise entsprochen. Er sandte mir eine Probe Weizen und Buchweizen (je ca. 100 g) und 2 Proben Paprika (je etwa 3 bis 5 g). In dem ausführlichen Begleitschreiben theilte mir Prof. Vedrödi weiter mit, dass er auf meinen Brief hin eine grössere Anzahl Weizenproben auf's Neue auf ihren Kupfergehalt untersucht habe. Er habe zwar in den — einem andern Jahrgang entstammenden — Proben nicht mehr den hohen Kupfergehalt wie früher gefunden, doch habe er aber immerhin auch jetzt noch bedeutende Mengen darin bestimmen können.

Er fand jetzt in einem Kilo Weizen im Durchschnitt von 12 Analysen 320 mg Cu, die Controlanalysen stimmten unbefriedigend, es schwankte das Ergebnis von 80—720 in der gleichen Probe. Die mir übersandten Weizen- und Buchweizenproben gehörten ebenfalls diesem Jahrgang an.

Gleichzeitig sandte er mir einen Separatabdruck[1]), nach dem er auch in Paprika einen auffallend hohen Kupfergehalt gefunden (ca. 800 mg Kupfer pro Kilo) und theilte mir mit, dass die zwei beiliegenden kleinen Paprikamuster Reste von dem Originalmaterial seien, das ihm bei den publicirten Untersuchungen gedient; in neuen Analysen der übersandten Proben habe er darin 800 und 1360 mg Kupfer pro Kilo gefunden.

Zu meinem lebhaften Bedauern haben die alsbald und auf das Sorgfältigste vorgenommenen Untersuchungen, nach den oft bewährten Methoden in Weizen und Buchweizen nur den von mir wie von allen übrigen Autoren beobachteten niedrigen Gehalt von einigen wenigen Milligramm pro Kilo ergeben: 1 Kilo Weizen 7,5; 1 Kilo Buchweizen 5,0 mg.

Etwas höher, ja relativ sehr hoch, schien der Kupfergehalt der Paprikamuster — ich muss aber hier auf eine genaue Angabe aus Materialmangel verzichten und kann nur angeben: 2 g gewöhnlicher Paprika enthielt unter 0,05 mg; 1 g Rosenpaprika unter 0,05 mg.

Immerhin dürfte 1 Kilo dieses Paprika etwa 25—50 mg Kupfer enthalten, Werthe, wie sie in Pflanzen selten gefunden sind.

Ich habe, um die Richtigkeit meiner Methoden nochmals zu erproben, den pag. 14 mitgetheilten Versuch angestellt, aus dessen Resultat hervorgeht, dass mir nennenswerthe Kupfermengen nicht entgangen sein können. Mag also auch vorläufig zugegeben sein, dass, wie meine Paprikaanalysen zu bestätigen scheinen, die Vegetabilien um Debreczin einen erhöhten Kupfergehalt zeigen können, so muss ich doch leider bis auf Weiteres von der Verwendung der quantitativen Angaben Vedrödi's als zu hoch absehen.[2])

---

1) Zeitschrift für Nahrungsmittel-Untersuchung, Hygiene und Waarenkunde, Nr. 22, 1893.

2) Im Begriff die Arbeit abzusenden, erhalte ich Kobert's Vortrag: Ueber den jetzigen Stand der Frage nach den pharmakologischen Wirkungen des Kupfers. Deutsche medic. Wochenschr., 1895, Nr. 1 und 3. Ich finde darin ohne Literaturangabe eine Notiz, dass bei Trifolium pannonicum die Asche 3% Kupfer enthalte — hoffentlich kann ich mir nächsten Sommer diese Pflanze zur Analyse verschaffen.

2. Das Thierreich.

Kupfergehalt unter normalen Verhältnissen.

1. Der Kupfergehalt niederer Thiere.

Auch im Thierreich ist das Kupfer sehr weit verbreitet und, wie jetzt gar keinem Zweifel mehr unterworfen ist, in manchen Fällen als physiologischer Bestandtheil des Körpers[1]) zu betrachten, so gut wie das Eisen. Ganz unbestreitbar gilt dies für eine grosse Reihe niederer Thiere aus der Familie der Crustaceen, Arachnoideen, Gastropoden und Cephalopoden, die im Haemocyanin einen kupferhaltigen Eiweisskörper besitzen, der bei ihnen die Rolle des Haemoglobins vertritt.

Der hohe Kupfergehalt zahlreicher Schnecken und Muscheln, und zwar insbesondere ihrer Respirationsorgane, wurde zuerst von Bartolameo Bizio gefunden (Ann. dell. science del Regno lomb. ven. 1833 u. 34), der auch schon quantitative Bestimmungen machte[2]). — Die Spira von Murex Brandaris lieferte z. B. Bizio in der Asche 4,2% Kupferoxyd, der Schleimüberzug in der Asche 1,55%, die Asche des Muskels nur 0,01% Cu O.

Uns interessiren von den niederen Thieren nur wenige vom praktischen Standpunkte: Die Auster, einige andere Muscheln, einige Schnecken und event. die Hummern und Krebse.

---

1) Der höchst interessante, 8% Kupfer enthaltende, rothe, wasserlösliche Farbstoff Turacin in den Federn mancher Musophagiden, kann in dieser praktischen Zwecken dienenden Arbeit füglich unberücksichtigt bleiben. Hierüber siehe Church. Transactions of the Royal Society XXI, p. 627.

2) Die weitere Entwickelung unserer Kenntnis von der Verbreitung und Bedeutung des Kupfergehaltes niederer Thiere findet sich bei: Bizio Giovanni, La diffusione e lo stato fisiologico del rame nell' organismo animale dichiarati per il primo de Bartolameo Bizio. Atti del real. Instit. venet., 1880, p. 433, welcher citatenreichen Arbeit ich auch sonst mancherlei verdanke, und Halliburton, Lehrbuch der chem. Physiol. und Pathol., deutsch von Kaiser, Heidelberg 1892, S. 337 u. f. Auf einige besonders interessante neue Angaben von Giunti (Gazetta chimica italiana, Vol. IX, 1879, p. 546) komme ich unten zurück. Die Verdienste von Bombardt, v. Bibra, Genth, Ulex, Kruckenberg, fallen, soweit sie mir bekannt sind, aus dem Rahmen dieser praktischen Arbeit. — Eine Serie von hiehergehörigen Angaben siehe bei Kobert, Deutsche med. Wochenschrift, 1895, Nr. 1.

Ziemlich zahreiche, leider aber nicht methodische Untersuchungen liegen über Austern vor. Besonders geschätzt sind die grünen Austern, deren Farbe von Kupfer herrühren soll.

Cuzent[1]) hat in 25 Austern von den Bänken von Falmouth 216 mg Kupfer gefunden. Angeblich soll sich der Kupfergehalt durch unangenehmen Geschmack verrathen und die Sitte herrschen, die Austern von Falmouth 6 Monate lang vor dem Verkauf in besonderen Austerparks aufzubewahren, wo sie jede Spur Kupfer verlieren sollen.

Ferrand[2]) hat Austern von gleicher Herkunft untersucht wie Cuzent, derselbe stellte fest, dass es kupferreiche Austern gibt, die beim Oeffnen der Schalen ganz farblos sind und erst an der Luft blaugrün werden, andere verfärben sich sogar an der Luft nicht und enthalten doch Kupfer. In einer deutlich gefärbten Auster von 4,5 g Gewicht fand Ferrand 9 mg metallisches Kupfer, eine Zahl, die mit der von Cuzent sehr wohl stimmt (pro Kilo Austern 2 g Kupfer!).

Balland[3]) fand 6 mg Kupfer in zwei Austern, in zwei andern 3 und 3½ mg in jeder, es waren sogenannte Portugiesische Austern, dieselben stammten aus Oran. Die Bestimmung geschah auf elektrolytischem Wege.

Durch absichtliches Einlegen in Kupfersalze soll gelegentlich noch mehr Kupfer in die Austern hineingelangen, Jaillard[4]) berichtet von Algerischen Austern, die im Dutzend 247 mg $CuSO_4$ d. h. ca. 62 mg Cu enthielten — ein Kupfergehalt der, obwohl ihn Jaillard auf künstliche Färbung zu beziehen scheint, niedriger ist als der oben berichtete normale.

Ich habe zweimal Austern auf Kupfer untersucht. Beide Sorten in Würzburg gekauft.

---

1) Cuzent, J. de Chim. méd., 1863, p. 295.

2) Ferrand, Ostréonomie, Huitres toxiques et Huitres comestibles diverses, Lyon 1863.

3) Balland, Journ. de pharmac. et de chim., 4. série, XXVII, p. 469.

Alle drei Arbeiten kenne ich nur aus Referaten, deren ich verschiedene verglichen habe.

4) Jaillard, Annales d'hygiène, 1881, p. 276.

1. Untersuchung. Auffallend grossschalige Austern. (Juli 1892). Thier und Blut nur sehr schwach gefärbt. 3 ganze Austern 14,8 g schwer lieferten 0,9 mg Kupfer. 2 ganze Austern 10,1 g schwer lieferten 0,6 mg Kupfer, d. h. es enthielt 1 Auster 0,3 mg Kupfer oder 1 Kilo Austerfleisch + Saft = 60 mg Cu. Es ist dies nur eine mässige Dosis.

Es wurden desshalb (Dez. 1894) nochmals Austern untersucht, diesmal eine feine kleinschalige sehr theuere Sorte. Der fast farblose Inhalt von 6 Austern wog gerade 50 g, zeigte keine Grünfärbung und lieferte 0,8 mg Kupfer, d. h. es enthält 1 Auster = 0,13 mg Kupfer oder 1 Kilo Austerfleisch + Saft = 16 mg Kupfer.

Es muss also ein sehr verschiedener Kupfergehalt bei Austern vorkommen, wohl namentlich abhängig von dem Grunde auf dem sie leben, wenn wir von den betrügerischen Manipulationen absehen. Es sind hierüber methodische Studien nothwendig, zu denen der Binnenländer wenig Gelegenheit hat.

Zur Orientirung habe ich von Seethieren noch weiter untersucht:

Häring[1]). 1 Salzhärig von 150 g lieferte 0,38 mg Cu, d. h. 2,5 mg pro Kilo.

Büchsenhummer. 50 g frisch enthielten 0,44 mg Kupfer, d. h. 8,8 mg pro Kilo.

Badeschwamm (möglichst gut gereinigt). 1,4 g trocken enthalten 0,5 mg Kupfer, d. h. 35,7 mg pro Kilo (trocken).

Im Anschluss daran:

Fucus crispus (trocken gut ausgesucht). 1 Kilo = 6,0 mg Kupfer.

Auch Landschnecken von hohem Kupfergehalt kommen vor. Giunti (a. a. O.) fand in 350 Stück Helix pisana, die er sammt den Schalen analysirte, deren Gewicht er aber nicht angibt, 156 mg Kupfer! Church gibt an, dass der in Wasser unlösliche Theil der Asche von Helix pomatia 2,57 % Kupfer

---

1) Zum Vergleich wurde 1 Barsch untersucht, 76 g lieferten nur Spuren Kupfer ca. 0,03, also 1 Kilo etwa 0,4 mg.

enthalte, Ulex fand in der Asche von Helix pomatia 0,1 % Kupfer.

Ich habe Helix nemoralis von Würzburg untersucht und in 40 g frischer schalenfreier Thiere 0,5 mg Cu, d. h. pro 1 Kilo 12,5 mg Cu gefunden. — Eine zweite Untersuchung an Helix pomatia und Helix nemoralis von Würzburg ergab:

1 kg Schneckenleiber	21 mg
1 » Schneckenhäuser	4 »

2. Der Kupfergehalt der warmblütigen Thiere und des Menschen.

Ist es jetzt auch längst entschieden, dass Kupfer weit verbreitet auch in höheren Thieren in kleinen Mengen vorkommt, zweifelt auch niemand mehr daran, dass die naive Annahme falsch ist, dass die Kupfergeschirre und andere Kupfergeräthe am Kupfergehalt des Menschen schuld sind[1]), so ist doch die Bedeutung dieses Kupfergehaltes noch ganz controvers. So sicher es ist, dass wohl ausnahmslos Kupfer in ganz gesunden Thieren als natürlicher Bestandtheil vorkommt, so ist doch die Frage, ob es ein nothwendiger »normaler« Bestandtheil sei, auf Grund des vorliegenden Materials nicht mit absoluter Sicherheit zu beantworten.[1]) Jedenfalls ist es bei unsern heutigen physiologischen Kenntnissen ganz unmöglich zu einem Verständnis dafür zu gelangen, was die nachgewiesenen kleinen Kupfermengen im Körper des Menschen und der höheren Thiere für eine Bedeutung haben könnten.[2])

---

1) Cloëz constatirte noch 1877 mit grosser Genugthuung den Kupfergehalt in der Leber des freilebenden Reh's als einen werthvollen Beweis gegen die Theorie von dem nur durch die Cultur eingeführtem Kupfer.

2) Besonders scheint mir vorläufig gegen die physiologische Bedeutung der kleinen Kupfermengen zu sprechen:

a) Die Kupferarmuth des Foetus (während derselbe einen hohen Eisengehalt besitzt).

b) Der sehr schwankende Gehalt beim erwachsenen Thier gleicher Art.

c) Der meist höhere Kupfergehalt des Pflanzenfressers, der kupferreichere Nahrung hat.

d) Die Thatsache, dass die Leber stets das kupferreichste Organ auch beim Gesunden ist. Dieselbe fängt offenbar das für den Lebensprocess belanglose und eventuell schädliche Kupfer einfach ab. (Siehe spätere Arbeiten.)

Ueber die Geschichte des natürlichen Kupfergehalts im Organismus des Menschen und der höheren Thiere genüge folgendes:

Der erste, der im Fleisch und Blute des Rindes (in 4286 g Blut 3 mg Cu) und damit überhaupt in einem Thiere Kupfer sicher nachgewiesen hat, scheint Sarzeau[1]) gewesen zu sein. (1830 und 1832).

Chevreul's Bemängelungen der Resultate Sarzeau's wurden hinfällig als 1832 eine Commission der französischen Akademie ganz regelmässig in einem Kilo Fleisch 1 mg Kupfer finden konnte, und Sarzeau[1]) 1832 mit allen Cautelen, die Chevreul verlangte, seine Unternehmungen wiederholte und ebenfalls 1 mg pro Kilo Fleisch in verschiedenen Schlachtthieren fand.[1])

1838 theilte als Erster Devergie[2]) mit, dass er Kupfer — wie dies Deschamps vermuthet hatte — in menschlichen Organen gefunden habe und 1840 liess er eine Reihe von quantitativen Angaben folgen, die er mit Hervy[3]) gewonnen. Die Mehrzahl dieser Angaben bezieht sich auf Magen und Darmkanal und ist somit ohne Interesse für uns; die Angaben über den Kupfergehalt von inneren Organen (Blut, Muskeln) sind ebenso spärlich, wie oft absolut unwahrscheinlich hoch: z. B. 1 Kilo Muskelfleisch eines Bleikranken soll 19 mg, ein Kilo Blut gar 94 mg Kupfer enthalten. Gleichzeitig mit Devergie fand auch Orfila[4]) Kupfer normal in geringen Mengen in allen Geweben des menschlichen Körpers; 1840 hat er[4]) sich sehr eingehend über die Bedeutung des Kupfernachweises in den Organen von Vergifteten und Unvergifteten ausgesprochen. Er anerkennt in dieser sehr gründlichen Studie einen geringen Kupfergehalt der Thier- und Menschenorgane unter normalen Verhältnissen; er gibt an, dass man durch Auskochen mit Wasser kein Kupfer

1) Sarzeau, Journ. de Pharmac., t. XVIII, p. 653.

2) Devergie, Annales d'hygiène, 1838. Académie de médecine, 1838.

3) Devergie et Hervy, Annales d'hygiène, 1840, p. 180—188.

4) Orfila, Mémoires de l'acad. royale de médecine, Tome VIII, p. 522, 16 juin 1840.

unter diesen Umständen ausziehen kann, dass die unter Zuhilfenahme von Salpetersäure verkohlten Organe einen Theil des Kupfers an Säuren abgeben, dass aber erst in der Asche alles Kupfer gefunden wird. Die Arbeit enthält aber keinen einzigen quantitativen Versuch, keine einzige Angabe über den absoluten Kupfergehalt unter normalen oder pathologischen Verhältnissen, nur qualitative Reactionen mittelst blanken Eisens sind angestellt. Die quantitativen Angaben, die kurz vorher Devergie und Hervy[1]) über das normale Kupfer publicirt hatten, hält Orfila mit Recht nicht für geeignet bei einer Vergiftung als Basis für einen Beweis zu dienen. Die 1845 von Devergie[2]) veröffentlichte Zurückweisung der Angriffe von Flandin und Danger — die kein Kupfer hatten finden können — bringt nichts Neues, kein neuer quantitativer Versuch ist angeführt, aber Flandin und Danger's Misserfolge werden durch ihr ungenügendes Veraschen richtig erklärt.

Die oben (S. 16) berührte wissenschaftliche Controverse zwischen Millon und Melsens brachte, da beide Forscher zum Theil Unrecht hatten, mehr Verwirrung als Klarheit.

Für die Arbeiten der 50er und 60er Jahre von Deschamps, Cottereau, Burin de Buisson, Wackenroder, Oidtmann, Wicke, Ulex, darf ich auf die fleissige und gewissenhafte Zusammenstellung von Wilhelm Blasius[3]) verweisen; der Streit nach dem »normalen« Kupfer entschied sich durch diese Arbeiten immer mehr in folgendem Sinne: Kupfer findet sich meist, wenn auch nur in Spuren bei den höheren Thieren, seine physiologische Bedeutung bleibt unklar.

Die letzten 30 Jahre haben meines Wissens nur wenig Arbeiten über den Kupfergehalt der Organe höherer Thiere gebracht. Zu erwähnen sind: Bergeron und l'Hôte[4]), F. Raoult

1) Devergie et Hervy, Annales d'hygiène, 1840, p. 180—188.

2) Devergie, Annales d'hygiène, XXXIII, p. 142. In dieser Arbeit siehe auch einige Angaben über untergeordnete Arbeiten dieser Zeit auf dem Gebiete der Kupferfrage von Follin, Barse, Rollignon etc.

3) W. Blasius, Zeitschr. f. ration. Medic., 1866, III. Reihe, Bd. XXV.

4) Comptes rendus, LXXX, p. 268. Journ. de pharmac. et de chim., 1875, p. 252.

und H. Breton[1]), Bergeron und Mayençon, Feltz und Ritter, H. Fleck.[2])

Ich lasse nun, ohne Anspruch auf Vollständigkeit, alle in der mir zugänglichen Literatur vorhandenen quantitativen Angaben über den Kupfergehalt des Menschen und der höheren Thiere — namentlich soweit sie dem Menschen zur Nahrung dienen — folgen mit Ausnahme einiger, die den Stempel grober Fehlerhaftigkeit tragen, und die einmal endgültig von der Discussion auszuschliessen sind. Hierher gehören die Mehrzahl der von Blasius noch sehr gelobten unglaublichen Angaben Devergie's und Hervy's, die unmöglichen Zahlen Millon's. Von anderen Autoren muss ich wenigstens einzelne Angaben in Anmerkungen als zu hoch bezeichnen, so manche von Blasius und Ulex. Alle Angaben beziehen sich auf 1 Kilo.

Tabelle IV.

Menschliche Organe.

Personale	mg Cu	Beobachter	Publicationsstelle
		Niere.	
—	1,6	Devergie	Annal. d'hyg., XXIV, p. 180, 1840.
—	6,5	Odling u. Dupré	Paul und Kingzett (Pharm. Journ. and Transact., 1877, p. 233).
—	5,6	Blasius[3])	a. a. O.
Mann	2,0	K. B. Lehmann	1892.
Mann	1,2	»	1895.
Kind	2,0	»	1895.

1) Comptes rendus, LXXXV, p. 40. Journ. de pharmac. et de chim., 1878, p. 118.

2) Jahresbericht XII. u. XIII. der chemischen Centralstelle in Dresden, S. 63, 1881.

3) Die Resultate der Arbeit von Blasius dürften vielfach zu hoch sein. Nach meinen Erfahrungen ist es unzulässig, den aus saurer Lösung niedergefallenen abfiltrirten Schwefelwasserstoffniederschlag einfach zu glühen und als Kupferoxyd zu wägen. (Vergl. darüber S. 6). Blasius betrachtet seine Zahlen als Kupferoxyd und Bleioxyd; da es von einem normalen Bleigehalt der Organismen, den namentlich französische Autoren vertraten, in neuerer Zeit ganz still geworden ist, so habe ich die Angaben ganz auf Kupfer bezogen.

Fortsetzung zu Tabelle IV.

Personale	mg Cu	Beobachter	Publicationsstelle
		Milz.	
Geisteskranker . .	4,0	Oidtmann	Die anorgan. Bestandtheile der Leber, 1858.
Geisteskranke . .	3,2	»	»
Marast. Mann . .	Spur	»	»
—	5,6	Blasius	a. a. O.
		Herz.	
—	5,6	Blasius	a. a. O.
		Muskel.	
—	Spuren	Odling u. Dupré	Paul und Kingzett, a. a. O.
		Gehirn.	
—	Stets merkl. Mengen	Paul u. Kingzett	a. a. O.
		Blut.	
—	Spuren	Odling u. Dupré	Nach Paul u. Kingzett, a. a. O.
Mann	Spuren	Wackenroder	Arch. d. Pharmac., Bd. 75, 1853, S. 140 u. 175, Bd. 76, 1853, S. 1.
		Leber.	
—	1,5	Odling u Dupré	1856 u. 157, citirt nach Paul u. Kingzett. Pharm. Journ. and Transactions, 1877, p. 253.
—	1,9	Schwarzenbach	
—	4,8	Oidtmann	a. a. O.
Marastischer Mann	0	»	a. a. O.
—	nur qualit.	Blasius	a. a. O.
—	7,6	Ulex	a. a. O.
Mann. Tod nach Operation . . .	3,0	Raoult et Breton	Compt. rend., LXXXV, p. 40.
Mann. Phthysiker .	15,0	»	
Junge Frau . . .	7,0	»	
Greis	10	»	
45 jähriger Mann .	4,2	K. B. Lehmann	1891.
Junger Mann . .	3,8	»	1894.
Aelterer Mann . .	2,5	»	1894.
33 jährige Frau . .	5,0	»	1894.

Anhang zu Tabelle IV.

Angaben, die sich auf die ganze Leber oder mehrere Organe und Leber beziehen, ohne genaue Angabe des Gewichts der verwandten Substanz.

Personale	mg Cu	Beobachter	Publicationsstelle
6 Foetenlebern . .	Spuren	Bergeron und l'Hôte[1])	Compt. rend., LXXX, 25. Jan. 1875.
Leber und 2 Nieren: 17 Jahre . .	Spuren	»	»
Leber und 2 Nieren: 17 Jahre . .	Spuren	»	»
Leber und 2 Nieren: 11 Personen, 26 bis 58 Jahre . .	1,4-2,0	»	»
78 Jahre alte Frau	3	»	»
Zufällig gestorbener Mann. Ganze Leber	13	Lembrech	Nach Galippe. Société de Biol., 1877, p. 139.
Puerpera. Gz. Leber	9	Guinard	
Kind[2]) $1^1/_3$ J. Leber, 2 Nieren, Milz .	2,5	Wibel	Bericht des chem. Staatslaborat. in Hamburg, 1890, S. 11.
Kind, $3^1/_4$ Jahre, Gleiche Organe .	3,7	»	

Tabelle V.

Pflanzenfressende Säugethiere.

	mg Cu	Beobachter	Publicationsstelle
		Blut.[3])	
Ochse	0,7	Sarzeau	
Ochse	5,6	Blasius	
Kuh	0,011	Mach u. Portele	Tiroler landwirth. Blätter, No. 12, 1887.
Kuh	0,029	»	»
Kuh	0,003	»	»

1) Die Leber und 2 Nieren des Erwachsenen wiegen etwa 1600—2000 g. Analysen wohl zu nieder.

2) An unklarer Todesursache verstorbene Kinder.

3) Von den hier aufgeführten Analysenwerthen halte ich den von Blasius für unzweifelhaft zu hoch, kann mir aber auch die auffallend niederen Werthe von Mach und Portele, die sehr sorgfältig gearbeitet zu haben scheinen, nicht erklären. Es handelte sich hier sogar um Thiere, die zum Theil längere Zeit mit kupferhaltiger Nahrung genährt waren. — Ich fand im Blute einer Ziege nach monatelanger Kupferfütterung 2,8 mg pro Kilo. Vergl. hierüber meine späteren Mittheilungen.

Fortsetzung zu Tabelle V.

	mg Cu	Beobachter	Publicationsstelle
Blut.			
Rind	0,75	K. B. Lehmann	1895.
Rind	0,6	»	1895.
Schwein	0,75	»	1895.
Milch. [1]			
Kuh	1,6	Wicke	
Kuh	0,25	K. B. Lehmann	1894.
Kuh	Spur	Galippe	
Kuh	0,027	Mach u. Portele	Tiroler landwirth. Blätter, No. 6, 1887.
Kuh	0,03	»	Detto.
Kuh	0,003	»	Tiroler landwirth. Blätter, No. 12, 1887.
Muskel.			
Ochse	1,0	Sarzeau	Journal de Pharmac., 1832, XVIII, p. 653.
Kalb	1,0	»	»
Hammel	1,0	»	»
Ochse	1,0	Franz. Commiss.	1832.
Niere.			
Rind	4,0	K. B. Lehmann	1892.
Hammel	3,8	»	1892.
Kaninchen	deutl.	Oidtmann	a. a. O.
Erwachsenes Kaninchen	8,0	K. B. Lehmann	1892.
Halbwüchsiges Kaninchen	3,4	»	1892.
Halbwüchsiges Kaninchen	2,2	»	1894.
Schwein	8,0	Blasius	a. a. O.
Milz.			
Kaninchen	deutl.	Oidtmann	a. a. O.
Kalb	3,2	Blasius	a. a. O.
Schwein	7,2	»	a. a. O.
Leber.			
Rind	8,8	Blasius	a. a. O.
Kalb	48	K. B. Lehmann	1891.
Rind I	51	»	1891.
Rind II	22,5	»	1895.
Rind III	28	»	1895.
Rind IV	34	»	1895.

1) Wicke gibt an 0,027 % der Milchasche.

Fortsetzung zu Tabelle V.

	mg Cu	Beobachter	Publicationsstelle
		Leber.	
Schaf	33,6	Odling u. Dupré	1856 u. 1857, citirt nach Paul u. Kingzett, a. a O.
Hammelfoetus	7,5	K. B. Lehmann	
Hammel I	18	»	
Hammel II	18	»	
Hammel	6,4	Blasius	
Kaninchen [1]	0	Oidtmann	a. a. O. in 1 Kaninchenleber kein Kupfer nachweisbar.
Kaninchen I	12	K. B. Lehmann	1894.
Halbwüchs. Kaninchen II	3,9	»	1894.
Halbwüchs. Kaninchen III	2,8	»	1894.
Reh	5,5	Cloez	Bull. de la soc. chim. de Paris, sér. II, XXVII, 196, 17. Febr. 1877.
		Galle. [1]	
Rind I	3,4	K. B. Lehmann	1891.
Rind II	0,2	»	1895.

Tabelle VI.

Fleischfressende Säugethiere.

	mg Cu	Beobachter	Publicationsstelle
		Niere.	
Hund II	5,4	K. B. Lehmann	1892.
Katze II	3,0	»	1892.
		Leber.	
Hund I	11,2	K. B. Lehmann	1892.
Hund II	10,0	»	
Katze I	10,0	»	
Katze II	12,0	»	
Katze III (jung)	6,9	»	1895.

1) Eine quantitative Angabe über den Kupfergehalt der Galle von Thieren oder Menschen habe ich nicht gefunden, qualitativ wurde es gefunden von Bartossi, Bramson, Gorup-Besanez, Heller.

Anhang:

Insectenfressende Säugethiere. [1])

	mg Cu	Beobachter	Publicationsstelle
Fledermaus (ganzes Thier)	14	Giunti	Gazetta chimica italiana, IX, 1877.
Igel (ganzes Thier) . . .	5,8 5,5	»	

Tabelle VII.

Vögel.

	mg Cu	Beobachter	Publicationsstelle
		Ei.	
Eigelb	5,6	Blasius [2])	
Eiweiss	7,2	»	
Eigelb	ca. 2	K. B. Lehmann	Juli 1894.
Eiweiss	0		
Eigelb	Spuren	»	Dec. 1894.
Eiweiss	0		
Eigelb	0,55	»	Febr. 1895.
Eiweiss	0		
		Ganzer Vogel.	
Junge Wildente	8,0	Blasius [3])	
Junger Gabelweih (Milvus regalis)	8,8	»	
Taube I (ohne Federn, Blut u. Leber u. sonst. Eingew.)	2,8	K. B. Lehmann	Juli 1894.
Taube II (ohne Federn, Blut u. Leber u. sonst Eingew.)	1,05	»	Dec. 1894.
Taube III (ebenso) . . .	1,38	»	Dec. 1894.
		Leber.	
Taube II und III . . .	3,5	K. B. Lehmann	Dec. 1894.
Krähe	0	Oidtmann	

1) In Insecten und andern Arthropoden fand Giunti zum Theil sehr bedeutende Mengen: Anomala vitis 30,4, Blatta orientalis 344, Julus terrestris 301, Armidillium vulgare 272. Er erklärt den hohen Kupfergehalt der Fledermaus durch ihre Nahrung.

2) Diese Analysen sind kaum richtig, ich fand das Eiweiss dreimal geradezu kupferfrei bei Verwendung von 4 resp. 6 Eiern, und nach Blasius wäre gar das Eiweiss kupferreicher als das Eigelb.

3) Wohl zu hoch!

Fortsetzung zu Tabelle VII.

	mg Cu	Beobachter	Publicationsstelle
Blut.			
Taube II und III . . .	1,0	K. B. Lehmann	Dec. 1894.
Federn. [1])			
Taube I	10,0	K. B. Lehmann.	Juli 1894.
Taube II und III . . .	7,6	»	Dec. 1894.

Odling[2]) hat versucht, über die Form, in der das Kupfer in der Schafsniere enthalten ist, etwas zu ermitteln. Der Auszug der feinzerschnittenen Niere mit verdünnter Salzsäure in der Wärme enthält etwas Kupfer, es geht aber nur eine Spur davon beim Dialysiren gegen Wasser durch die Membran. Zerkocht man die Nieren mit Salzsäure, so hat man im Filtrat fast alles Kupfer. Die so erhaltene Lösung gibt durch Dialyse leicht eine Menge Salze aber nur wenig Kupfer ab. Daraus darf man wohl schliessen, — Odling spricht nichts derart aus — dass das Kupfer in Verbindung mit Eiweisskörpern und nicht als Salz anwesend ist.

Mit grossem Nachdruck behauptet Orfila[3]), dass der Wasserauszug aus den normalen Organen nach dem blossen Verkohlen keine Kupferreaction liefere, nur im Auszug aus der Asche gelingt er. Dagegen gelingt in Fällen von Kupfervergiftung der Kupfernachweis schon, wenn man den wässrigen Auszug der Organe nur verkohle und dann mit Wasser aufnehme. (Siehe unten.)

β) Kupfergehalt der Thiere unter abnormen Verhältnissen.

Für die Ernährung des Menschen dürfte es — abgesehen vielleicht von der Speicherung des Kupfers durch lebende Austern, die in abnorm kupferreicher Umgebung gehalten werden —

1) Sehr interessant erscheint dieser hohe Kupfergehalt im Vergleich mit dem ca. 8 Mal niedrigeren des übrigen Körpers. Man wird unwillkührlich an das kupferhaltige Turacin erinnert (S. 29).

2) Odling, Guy's Hospital Reports, Third series, VIII, 1862, p. 270.

3) Orfila, l. c., p. 502.

praktisch kaum von Belang sein, dass auch die Thiere zugeführtes Kupfer aufzuspeichern vermögen. Ich will deshalb die sehr zahlreichen eigenen und fremden Analysen, die hier angeführt werden könnten, lieber unter dem Titel: »Beiträge zum Stoffwechsel des Kupfers im Thierkörper«, zusammenstellen, da sie an jener Stelle gleichzeitig Material zu interessanten biologischen Betrachtungen liefern.

B. Kupfergehalt durch zufälligen oder absichtlichen Kupferzusatz zu dem todten Nahrungsmittel (Passiv aufgenommenes Kupfer).

α) Zufälliger Kupfergehalt.

1. Durch die Verwendung von Kupfergeschirren.

Durch Aufbewahren in kupfernen Geschirren können Speisen und Getränke kupferhaltig werden. Erkrankungen und Todesfälle, die man mit der Benützung kupferner Gefässe in Zusammenhang brachte, waren es, welche die Frage nach der Gesundheitsschädlichkeit des Kupfers in kleinen Dosen aufzuwerfen zwangen.

Kupferne und messingene Geschirre geben, wie allgemein bekannt und von den ersten Untersuchern gleich wissenschaftlich festgestellt ist, in blankem Zustande viel weniger Kupfer ab, als wenn sie mit Speiseresten beschmutzt gestanden und Grünspan angesetzt haben.

Die ziemlich zahlreichen älteren Versuche von Eller[1]) können nur eine gewisse praktische Orientirung geben, sie zeigen, dass nur mässige, hygienisch in der Regel oder stets unbedenkliche Mengen in die in Kupfer aufbewahrten Speisen kommen, quantitative Angaben sind spärlich und auch nur mit Vorsicht zu verwenden, da häufig nicht genau angegeben ist, welche

1) Eller. Histoire de l'acad. des sciences et bell. lettres à Berlin, 1756, p. 3. — Die Arbeit macht entschieden Front gegen die damals herrschende Cuprophobie. Die Untersuchungsmethoden sind aber nicht derart, dass die meist negativen Ergebnisse grossen Werth haben, werthvoller ist die gesunde Logik. Z. B. wies Eller Kupfer dadurch nach, dass er die Blaufärbung des Lösungsmittels beobachtete, wenn er die Asche entweder mit Essigsäure oder NH_3 auskochte, — diese beiden Reagentien scheinen aber nie, wie es doch natürlich gewesen wäre, hintereinander auf die gleiche Portion angewendet worden zu sein.

Versuchsbedingungen eingehalten wurden und andererseits auch die Methode der Kupferbestimmung nicht einwandfrei erscheint.

Vor längerer Zeit hat Daletzky[1]) unter der Leitung von Pelikan eine grössere Reihe von Versuchen über das Verhalten des Kupfers gegen allerlei im Haushalt vorkommende Lösungsmittel gemacht — es sind mir aber nur die Resultate zugänglich, die Pelikan[2]) in einer kurzen Arbeit auszog und die im Folgenden mitgetheilt werden.

In Gemeinschaft mit meinen Schülern habe ich in den letzten Jahren vielfach dergleichen Untersuchungen angestellt, die im Folgenden zusammen mit den mir bekannt gewordenen Literaturangaben übersichtlich dargestellt worden sind. Selbstverständlich dürfen aber auch die hier mitzutheilenden fremden und eigenen ziffermässigen Feststellungen nicht den Anspruch erheben, mehr zu sein als Anhaltspunkte für die kritische Beurtheilung praktischer Fälle. Es liegt auf der Hand, dass der schwankende Säuregehalt des Weins, Essigs und Bieres, der Kochsalzgehalt, die Temperatur, die Form und Reinheit des Gefässes, die Dauer der Einwirkung, ein erleichterter oder erschwerter Luftzutritt u. s. f. von wesentlichem Einfluss auf das Resultat sein müssen. Alle diese Factoren in hunderten von methodisch variirten Versuchen durchzuprobiren erschien weder möglich noch für meine Zwecke nothwendig.

Kupfer und Wasser.

Nach den Angaben der Bücher gehört Kupfer nicht zu den regelmässigen Bestandtheilen des natürlich vorkommenden Wassers. Ich habe nur einen Fall untersucht. Unser aus dem Wellenkalk entspringendes Würzburger Leitungswasser (alte Leitung) liefert in 1 l keine deutlich nachweisbaren Kupfermengen, aber in dem harten, dicken Absatz, der die eisernen Wasserleitungsröhren auskleidet, konnte ich sehr leicht Kupfer bestimmen. 20 g enthielten einmal 0,83, einmal 0,9 mg Kupfer, d. h. 100 g 4,5 mg.

1) F. Daletzki, Dissertatio inauguralis. Petersburg, 25. März 1857.

2) Pelikan, Eugen, Einige Worte über Kupfer-Vergiftungen. In: Beiträge zur gerichtl. Medicin, Toxikologie etc. Würzburg, 1858.

In Gegenden mit Kupferminen sollen die Bäche und Flüsse zuweilen erheblich kupferhaltig sein, so erzählt Eller (a. a. O.) von den »Sources de cuivre« des Grafen Wicklon in Irland, von denen die dortigen Minenarbeiter häufig trinken. Auch das Wasser des Rio tinto soll reichlich Kupfer führen. In zahlreichen Mineralquellen sind kleine Kupfermengen (besonders bei Untersuchung der Ockerabsätze) gefunden; quantitative Werthe sind mir keine begegnet.

Durch mannigfache Umstände kann ein von Hause aus kupferfreies Wasser einen nicht unbeträchtlichen Kupfergehalt erreichen.

Nach Kuhlmann[1]) findet sich häufig ein merklicher Kupfergehalt des Trinkwassers in Roubaix. Das Regenwasser wird dort vielfach in Cysternen gesammelt, vorher nimmt dasselbe aber aus den Kupfersulfür- und Kupfersulfatkrusten, die der Wind aus den kupfernen Kaminrohren resp. Kaminaufsätzen loslöst und über die Dächer zerstreut, reichlich Kupfer auf, etwa 10 mg Kupfer pro 1 Liter.

Roux hat in Rochefort gar bis 159 mg Kupfer im Liter nachgewiesen.

Millardet[2]) fand in dem Wasser des Brunnens, aus dem er mit seiner Familie 6 Jahre seinen gesammten Wasservorrat bezog, pro Liter 5 mg Kupfer. Der Gehalt war durch ein kupfernes Pumpwerk bedingt.

Reichardt[3]) wies in einem durch Kupferröhren geleiteten Wasser kurz nach der Eröffnung der Leitung 1859 7,2 mg im Liter, 1872 nur noch 0,8 mg im Liter nach. Levi[4]) hat 0,6, Mach[4]) 0,07 mg Cu im Liter Brunnenwasser ermittelt.

Experimente über das Verhalten von Kupfer zu Wasser sind nicht viele angestellt. Eller konnte keine Lösung von Kupfer durch Kochen von Brunnenwasser in einer blanken Kupferschale

1) Kuhlmann, Rapport sur les inconvenients qui peuvent resulter de l'emploi du cuivre dans la construction des cheminées. Ann. d'hyg., 1836, XVI, 317.

2) Millardet, Journal d'agriculture, 1885, No. 46.

3) Archiv de Pharmacie, 1873, p. 513.

4) Tiroler landwirthschaftliche Blätter, 1887, Nr. 6.

erzielen. Drouard fand dagegen, dass selbst destillirtes Wasser, wenn es nur lufthaltig ist, Kupfer löst. Aehnliches constatirte Taylor.

In schlecht verzinnten Kupferapparaten destilliertes Wasser kann gelegentlich merklich kupferhaltig sein; ich fand Mengen bis zu 1,2 mg Cu pro Liter in Wasser aus einer guten Würzburger Apotheke.

Kupfer und Salzwasser.

Eller (a. a. O,) fand eine nicht unbedeutende Löslichkeit von Kupfer in starkem Salzwasser — seine quantitative Angabe ist werthlos. Daletzki (a. a. O.) erhielt in 1500 Wasser + 2 g Kochsalz, die er 2 Std. in Kupfer hatte kochen und dann 6 Std. stehen lassen, 26 mg Cu, d. h. pro Liter 16 mg Cu.

Kupfer und künstliche Mineralwasser.

Kleine Mengen von Kupfer sind neben Blei sehr oft in künstlichen Mineralwässern gefunden, z. B. von Prauss in Warschau in 1 l 0,5—1,5 mg.

Kupfer und Bier.

1 l Bier, in das Messingblechmengen bis zu 50 g 8 bis 14 Tage eingehängt worden waren, zeigte in den Versuchen von Th. Schwarz[1]), Assistenten der landwirthschaftlichen Versuchsstation in Münster nur 0,9—1,7 mg Kupfer in 1 l. Verwendet wurden westfälische, obergährige, säuerliche Biere.

Kupfer und Wein.

Wie oben erwähnt, geht nach den sorgfältigsten Forschungen aus gekupferten Reben kaum eine Spur Kupfer in den Wein über (vgl. p. 25.) Anders ist es, wenn fertiger Wein mit Kupfer in Berührung kommt.

Einige Versuche über das Verhalten von Wein zu Kupfer und Messing habe ich mit Herrn Dr. Kant zusammen ausgeführt. Der verwendete fränkische weisse Landwein hatte 0,5 % Gesammtsäure, nach der üblichen Methode mit Lackmus titrirt, auf Weinsäure berechnet.

1) Th. Schwarz. Repert. der anal. Chemie, 1883, p. 291.

Das Kupferblech von Metzger-Darmstadt bezogen, war aus chemisch reinem Kupfer gewalzt und spiegelblank. Ein Putzen der Oberfläche war bei diesem Blech unnöthig. Zu dem Versuche wurde ein grosses Becherglas mit 2 l Wein verwendet, in das das Blech mit jederseits 300 qcm (also beiderseitig 600 qcm) eingetaucht wurde, während es etwa 2 cm breit herausragte. Es ist dies etwa die Oberfläche, die ein cylindrisches, 2 l fassendes Kupfergefäss besitzt. Das eintauchende Blech war an Fäden so aufgehängt, dass es gesenkt werden konnte, wenn durch Entnahme von Flüssigkeit zu Analysenzwecken der Flüssigkeitsspiegel sich erniedrigte. Zu den Analysen dienten stets 2 Proben von je 100 ccm, die mit einer grossen hin und her bewegten Pipette möglichst aus allen Theilen des Glases entnommen wurden. Zur Analyse wurde der Wein auf die Hälfte seines Volumens verdampft, dann kunstgerecht chlorirt, und das zweimal mit Schwefelwasserstoff aus saurer Lösung gefällte Kupfer als Kupferoxyd gewogen.

Die Ergebnisse der Analysen waren von 100 ccm auf 1 l umgerechnet:

Nach 12 Std.	Spuren
Nach 48 Std.	21 mg Cu
Nach 7 mal 24 Std.	56 mg Cu

Der Wein zeigte nur eine geringe grünliche Verfärbung nach einer Woche, das versenkte Stück des Kupferblechs war matt, von etwas trübem Aussehen geworden, eine deutliche Abgrenzungslinie schied das eintauchende von dem blanken herausragenden Stück, eine Grünspanbildung war an letzterem nicht zu sehen. Auch Messingblech veränderte sich im Weine ähnlich.

Ein weiterer Versuch war folgender: Ein Fass Frankenwein sollte mittelst eines Messinghahnes abgezogen werden. Nach dem Einschlagen des Hahnes musste die Arbeit auf etwa 30 Stunden unterbrochen werden. Die ersten 200 ccm wurden getrennt aus dem Hahn abgezogen und in 2 Portionen, je 100 ccm analysirt. Es enhielten die 200 ccm 7,8 mg Cu. Auf 1 l umgerechnet gäbe dies 39 mg Cu — natürlich ist diese Zahl zu

hoch, da keinesfalls der ganze Liter wie die ersten 200 zusammengesetzt sein kann.

Noch niedrigere Werthe fanden Mach und Portele (a. a. O.) Als sie aus einem Fass, in das eine »Metallpipe« eingeschlagen war, zwei Tage keinen Wein entnahmen und dann auf einmal 2 l, enthielt derselbe pro Liter nur 2,3 mg. — Der verwendete Tyrolerwein war jedenfalls weniger sauer als mein Frankenwein.

Kupfer und Essig.

Schürmayer kochte einen kupfernen Löffel in Tafelessig 48 Stunden lang, derselbe verlor 125 mg an Gewicht, einer von Messing 63, ein silberner und neusilberner 2,1 mg.

A. Riche[1]) zeigte, dass der Essig fast stets aus kupferhaltigen Zapfhahnen Kupfer aufnimmt. Er fand im Liter meist 5—15 mg und überzeugte sich von der Rolle des Hahns dabei dadurch, dass er ein Gefäss mit 4 l Essig mit einem Messinghahn versah, einige Tropfen abzog und dann den Essig 48 Std. stehen liess. Der früher kupferfreie Essig zeigte jetzt im ersten Liter 20, in den folgenden 15 mg. Nach 12 Tagen war der Gehalt auf 60 mg pro Liter gestiegen.

Riche fand auch, dass, wenn man Gurken in Essig legt, der 40 mg Kupfer im Liter enthält, die Gurken nach 8 Tagen 100 mg im Kilo enthalten.

Unsere Versuche mit Essig sind ähnlich wie mit Wein ausgeführt. Wir verwandten aber hier ausser Kupferblech auch Messingblech und zwar von der Beschaffenheit, wie es der Handwerker zur Herstellung von allerlei Nutzgegenständen, also auch Geschirr, braucht.

Um die Bedeutung des Luftzutritts an die Berührungsstelle von Metall und Essig zu beweisen, wurde in einigen Versuchen das Kupferblech ganz versenkt, in anderen ragte dasselbe aus dem Essig heraus, stets aber tauchten 600 qcm Metalloberfläche ein. Wie beim Wein wurde sorgfältig darauf geachtet, dass

1) Riche, Journal de Pharmac. et de Chimie, 45, 26, p. 23, citirt nach Gonnet: Thèse de Montpellier.

jedes Entnehmen von Flüssigkeitsproben durch ein Senken des Metalls compensirt werde. Der mit Kupferblech angesetzte Essig wurde viel schneller und lebhafter grün, als der mit Messingblech in Berührung gebrachte. Deutlich für Gesichts- und Geschmackssinn wahrnehmbare Veränderungen traten natürlich nur bei längerer Berührung von Blech und Essig auf. 1 bis 2 tägige Dauer der Versuche erzeugte niemals leicht wahrnehmbare Veränderungen. Auch die Bleche veränderten sich. Die Kupferbleche wurden, soweit sie in den Essig untertauchten, matt, trüber, dunkler roth gefärbt. Die herausragenden Theile zeigten sich dagegen im Gegensatz zum Wein allmählich mit schönen Grünspankrystallen bedeckt. Die untere Grenze dieser Grünspanschicht lag dicht über der Essigoberfläche, die obere am oberen Rande des herausragenden Blechstückes, wo sie beträchtlich dünner war, als an der unteren Grenze. Sie maass bei einer Breite von mehreren Centimetern an ihren dicksten Stellen etwa 1 mm.

Das im Essig befindliche Messingblech bot einen interessanteren Anblick. Soweit es von Essig bedeckt war, erhielt es stets ein eigenthümliches, moiréeartiges Aussehen. Die herausragenden Theile des Bleches bedeckten sich mit einer dicken Grünspanschicht. Dieser grüne Belag war an dem der Flüssigkeit zugewendeten Rande von ein oder zwei rothbraunen, 2 bis 3 mm breiten Streifen unterbrochen. Ein Versuch, diesen braunen Belag vorsichtig abzuwischen, gelang, und in Salzsäure gelöst, gab derselbe mit Ferrocyankali eine deutliche Kupferreaction.

Bei einem zweiten Versuche dieser Art hatte der an der Berührungslinie von Luft, Blech und Essig ausgeschiedene Streifen, bei einer Breite von 1 bis 2 mm, deutlich kupferrothes blankes Aussehen. Ob hier galvanische Vorgänge mitspielten?

Die quantitativen Ergebnisse waren:

I. Versuchsreihe. Blankes Kupferblech und Messingblech — letzteres nur mit absolutem Alkohol geputzt. Eintauchfläche 600 qcm, 2000 ccm Essig. Es ragen etwa 30 qcm aus der Flüssigkeit heraus. Niveau des Essigs trotz Entnahme constant gehalten.

Acidität des Essigs 4,36%. Essig aus Salzsäure und Wasser selbst hergestellt. Temperatur ca. 15—18°. Gehalt des Essigs an Kupfer von 100 auf 1000 ccm umgerechnet.

	Herausragendes Kupferblech	Herausragendes Messingblech
Nach 24 Std.	26 mg Kupfer	10 mg Kupfer
» 44 »	55 » »	18 » »
» 70 »	70 » »	30 » »
» 117 »	140 » »	65 » »

Das heisst, es löst sich das Kupfer viel leichter aus Kupferblech als aus Messing.[1])

II. Versuchsreihe. Wie I angestellt, aber Weinessig von 3,3 % Essigsäuregehalt verwendet und Messingblech mit Putzseife und hierauf mit absolutem Alkohol gereinigt. Temperatur 17—20°.

	Herausragendes Kupferblech	Messingblech herausragend	Messingblech versenkt
Nach 12 Std.	37	—	—
» 24 »	—	62	39
» 48 »	71	—	—
» 168 »	153	247	71
» 480 »	845	477	—

Diese Versuchsreihe gibt zwar ein von der ersten etwas abweichendes Resultat, da hier im Anfang des Versuchs die Kupferlösung aus Messing voraneilte, um allerdings später sehr zurückzubleiben, ich habe aber keinen Grund, diese — durchweg auf zwei Controlanalysen aufgebauten — Ergebnisse meines Schülers Kant zu bezweifeln, wenn ich sie auch nicht näher erklären kann.

Interessant ist, wie das versenkte Blech nur sehr viel kleinere Kupfermengen abgibt als das aus der Flüssigkeit herausragende.

III. In zwei Messing- und zwei Kupferschalen wird je 100 ccm 4,36 %ige, verdünnte reine Essigsäure eingegossen und es werden dieselben bei Zimmertemperatur stehen lassen. Vor der Analyse wird der Grünspanring mit dem Finger abgerieben und der Flüssigkeit beigemischt. Es geht in Lösung (von 100 ccm auf 1000 umgerechnet).

1) Während des Druckes wurde diese Versuchsreihe nochmals mit fast genau identischen Resultaten angestellt.

Aus der Kupferschale		Aus der Messingschale	
In 20 Std.	100 mg	In 20 Std.	80 mg
» 40 »	220 »	» 40 »	180 »

Wieder deutliche Begünstigung der Kupferlösung in der Kupferschale.

IV. In zwei Messingschalen werden je 100 ccm 3,3%iger Weinessig bis zu einmaligem Aufwallen erhitzt, die Proben bleiben hierauf bei ca. 20° stehen. Es geht in Lösung (von 100 ccm auf 1000 umgerechnet).

In 24 Std.	183,2
» 48 »	364,8

In diesen Fällen hat neben der hohen Temperatur die relativ kleine Flüssigkeitsmenge und grosse Schalenoberfläche eine starke Kupferaufnahme bedingt.

Bei einem älteren Autor begegnete ich einmal der Vorstellung, dass ein Gehalt des Essigs an Zucker die Löslichkeit des Kupfers in demselben beeinflusse. Zur Prüfung dieser mir wenig sympathischen Vorstellung wurde je 100 ccm Essig (Acidität 3,84% Essigsäure) in eine blanke Kupferschale gethan, zur einen Probe 5 g Rohrzucker gefügt. Nach 60stündigem Stehen hatte sich ein etwa 1½ cm breiter intensiv grüner Grünspanring über dem Essigspiegel gebildet. Es wurden nun beide Proben unter Zurücklassung des Grünspans abgegossen und ohne Auswischen des Gefässes bestimmt: ohne Zucker 37,2 mg Cu, mit Zucker 26,5 mg Cu.

Auf dieses Resultat hin musste die Sache noch etwas ausführlicher untersucht werden. Es wurden je 100 ccm Essig (2,76% Essigsäure) in 2 Kupferschalen und 2 Messingschalen und zwar einmal ohne, das andere Mal mit 5 g Rohrzucker versetzt eingefüllt. Nach 48 Stunden wurde der Essig abgegossen ohne den Grünspan am Rande mitzunehmen. Das Ergebnis war:

100 ccm Essig ohne Zucker	in Kupfer	36,2 mg
100 » » mit »	in Kupfer	19,8 »
100 ccm Essig ohne Zucker	in Messing	30,7 mg
100 » » mit »	in Messing	12,6 »

Also eine ganz auffallende Bestätigung für die hemmende Wirkung des Zuckers auf die Auflösung des Kupfers — ausserdem für die geringere Löslichkeit des Kupfers aus Messing als aus Kupfer.

Kupfer und Branntwein.

Plouquit[1]) wies wohl zuerst Kupfer in Branntweinen nach, die zuweilen dabei ganz farblos waren. Er erklärte auch das Vorkommen schon ganz richtig durch Essigsäurewirkung auf die Kühlschlangen. Die Essigsäure präexistirt theils in der zu destillirenden Flüssigkeit, theils entsteht sie in den Schlangen aus Alkoholresten. — Für den verbreiteten Kupfergehalt des Absinthe's gab Deschamps[2]) die Erklärung, dass derselbe aus kupferhaltigen Hahnen und Gefässen Kupfer aufnehme. Nach Decaisne[3]) wird Kupfersulfat dem Absinth absichtlich zugesetzt, er fand 1864 bis 62 mg Kupfer pro Liter. 1877 berichtet er[4]) über einen Branntwein, der durch Destillation in einem grünspanbedeckten Apparat 400 mg Cu pro Liter enthielt. (= 1,164 g Acetat.)

Nach Aulagnier enthielten von 16 Branntweinen in Helmstedt (Braunschweig) 15 Kupfer — ich habe diese Angabe nirgends genauer gefunden.

A. Chevallier fand bis 300 mg Kupferacetat (= 89 Cu) im Liter Branntwein, Nessler[5]) hat in 29 Kirschwasserproben 20mal Kupfer gefunden, Petermann[6]) in Genever nur Spuren.

Eine Serie quantitativer Angaben machen Mach und Portele:[7])

7 in der Weinbauversuchsstation St. Michele gebrannte Tresterbranntweine verschiedener Jahrgänge enthielten 2,0—12,1 mg Cu.

---

1) Nachricht von durch Kupfer giftig gewordenen Branntweinen: Scherf's Archiv der med. Polizei, Leipz. 1783.

2) Deschamps, Comptes rend. juillet, 1865.

3) Decaisne, Comptes rendus, LIX, p. 229.

4) Decaisne, Comptes rendus, LXXXIV, No. 16, p. 796.

5) Citirt nach Tschirch, a. a. O., S. 5.

6) Bull. de l'acad. royale des sciences de Belgique, 1875, T. 39, p. 123.

7) Mach und Portele, Tiroler landwirthsch. Blätter, 1887, Nr. 6.

4 sonstige untersuchte Proben sehr verschiedener Provenienz 1,0—9,2 mg Cu.

Kupfer und sauere Gemüse.

Daletzki (a. a. O.) führte unter Pelikan's Leitung folgenden Versuch über die Fähigkeit von Sauerkraut, Kupfer zu lösen, aus.

343 g Sauerkraut + 1 g Kochsalz wurden in einem blanken Kupfergefäss 12 Stunden stehen lassen und hierauf 4 Stunden gekocht, es enthielt 184 mg CuO. Also 1 Kilo Sauerkraut 430 mg Cu.

Ich stellte folgenden Versuch an: 1180 g Sauerkraut wurden in einer blank geputzten Messingpfanne 2¼ Stunden gekocht:

Probe I. Sofort entnommene 100 g enthalten kaum Spuren von Kupfer.

Probe II. Nach 24 Stunden entnommene 100 g enthalten 2,9 mg, d. h. 29 mg pro Kilo.

Probe III. Nach 48 Stunden entnommene 100 g enthalten 5,9 mg, d. h. 59 mg pro Kilo.

Es muss also Daletzki's Sauerkraut sehr viel säurereicher als das von mir verwendete gewesen sein.

Planche[1]) fand in 500 g gekochten Sauerampfers, der ohne Wasserzusatz in Kupfer zubereitet worden war, 73 mg Cu. Auch Girardin[2]) fand in einem ähnlichen Falle Kupfer.

Kupfer und eingemachte Früchte und Fruchtsäfte.

Schon durch Brühen von Gemüsen und Obst in Kupferkesseln wird vielleicht der Kupfergehalt etwas gesteigert:

Mayrhofer[3]) fand in 1 Kilo »blanchirter« Früchte:

Haselnüsse	3,1 mg Cu	Johannisbeeren	8,0 mg Cu
Weichselkirschen	2,2 » »	Pfirsiche	5,5 » »
Aprikosen	1,0 » »	Himbeeren	4,2 » »
Hagebutten	2,8 » »	Birnen	4,2 » »
Stachelbeeren	4,2 » »	Annanas Erdbeeren	8,0 » »

1) Planche, Note sur l'innocuité d'une oseille cuite conservée et contenant du cuivre dans l'état salin. Bulletin de l'Acad. roy. de médec., X, Tome II, 1837—38, p. 671.

2) Girardin, Journal de pharmacie, August 1838, citirt nach Gonnet, Thèse de Montpellier, 1878, p. 14.

3) Bericht über die zehnte Versammlung der freien Vereinigung bayerischer Chemiker in Augsburg, 1891, S. 81.

Immerhin sind diese Werthe so niedrig, dass sie theilweise durchaus als normal angesehen werden können, vergl. die Zahlen p. 23.

Mehr Kupfer dringt meist noch durch die gebrauchsfertige Herstellung von Obstconserven in Kupfergefässen in dieselben ein, selbst unter Umständen, wo jeder Gedanke an absichtliche Grünfärbung durch Kupfer ausgeschlossen ist. Nur bei Stachelbeeren und Reineclauden ist der Kupfergehalt zur Erhaltung der grünen Farbe erwünscht (Mayrhofer a. a. O. S. 77) — bei den anderen Sorten ist er ganz unnütz.

Galippe (Soc. de Biol. 1884 p. 259) berichtet über den Kupfergehalt von eingemachten Früchten (in 1 Kilo):

Stachelbeeren	27 mg	Aprikosen	17,6 mg
Kirschen	15 »	Erdbeeren	11 »
Mirabellen	24 »	Birnen	14 »
Reine-Clauden	16 »	Orangen	19 »
Quitten	20 »	Annanas	22 »

Ich fand in 1 Kilo schön frisch grüner, in Zucker eingemachter Reineclauden nur 4,5 Kupfer.

Auch in Himbeersaft sind gelegentlich kleine Mengen gefunden: Frühauf fand 2,6 mg pro Liter.

Kupfer und Fett.

Da die fettsauren Kupferverbindungen vielfach für besonders schädlich ausgegeben worden sind, so habe ich mit Herrn Dr. Mock eine Reihe von Versuchen angestellt wieviel Kupfer durch Butter aus Kupfer- und Messingschalen gelöst wird und später diese Versuche allein manigfach abgeändert fortgesetzt.

Zunächst handelte es sich um eine Methode zur Bestimmung des Kupfers in Fett, das sich bekanntlich[1]) qualitativ

1) Jeannel behauptet, es sei die Grünfärbung von Oel überhaupt eine besonders feine Reaction auf Kupfer. L'union pharmac., 17, p. 81. In der That überzeugte ich mich sehr leicht, dass in $\frac{1}{2}$ l Brunnenwasser 1 mg Cu (als Sulfat) ausreicht, um beim Schütteln 5 ccm Olivenöl intensiv grün zu färben, noch 0,2 mg Cu auf $\frac{1}{2}$ l Wasser geben eine deutlich grüne Farbe. Um mit Ferrocyankalium das Kupfer nachzuweisen, hätte im letzteren Falle das Wasser auf etwa 50, noch besser auf 10 ccm eingeengt sein müssen.

Erwähnung verdient, dass diese Reaction misslingt, wenn man destillirtes Wasser, mit kleinen Kupfermengen versetzt, anwendet. Ich denke

sehr leicht durch die grüne Farbe, die es dem Fett ertheilt, verräth. Zur Probe setzte ich zu 20 ccm geschmolzener Butter 20 mg Kupfer als Kupfersulfat, fügte dazu 20 ccm 96 % igen Alkohols und verseifte nun mit einem Stück festen Aetzkali. Aus der mit heissem Wasser stark verdünnten, im Wasserbade warm gehaltenen Seifenlösung wurde mit Schwefelwasserstoff leicht das Kupfer vollständig ausgefällt und heiss abfiltrirt. Das geglühte CuS wurde nochmals in schwacher Salpetersäure gelöst und mit Schwefelwasserstoff gefällt, um Eisenspuren herauszubekommen, geglüht in Salpetersäure gelöst und mit reinster Natronlauge in der Siedehitze gefällt. Statt 20 mg fand ich 19,4 mg Cu, eine zweite Bestimmung durch Herrn Dr. Mock ergab 19,1 mg. Die ersten gewichtsanalytischen Proben wurden alle in 2 Hälften der Seifenlösung getrennt ausgeführt, die Uebereinstimmung war sehr gut. Später fand meist colorimetrische Bestimmung statt.

Zu einer ersten Versuchsreihe wurde ausgeschmolzene filtrirte ungesalzene reine Kuhbutter von genau bekannter zum Theil durch Lagern künstlich erhöhter Rancidität verwendet.

Tabelle VIII.[1])

I. Versuchsreihe.

Versuche mit Butterschmalz. Ein über der Fettschicht an der Gefässwand entstehender Grünspanring wird stets abgerieben und mitanalysirt.

a) Die ungesalzene Butter wird in Porcellan auf etwa 60° erhitzt und klar von dem aus Wasser und Eiweiss bestehenden Bodensatz abgegossen.

Nr.	Buttermenge	Rancidität	Temperatur b. Eingiessen in d. Metallschale	Temperat. b. Aufbewahr.	Gefäss	Versuchsdauer in Tagen	Kupfergehalt mg	Also pro 1 Kilo	Methode
1	75	2,5	40°	20°	Messingschale	1	0,8	10,6	gewichtsanalytisch
2	75	9	40	25	»	1	0	0	gewichtsanalytisch waren d. vorhandenen Kupferspuren nicht zu bestimmen
3	75	9	40	6	»	1	0	0	
4	75	10	40	20	»	1	0	0	
5	75	82	40	20	»	1	0	0	

mir das so, dass Calciumcarbonat und Kupfersulfat erst Calciumsulfat und Kupfercarbonat bilden müssen, bis sich das letztere mit der Oelsäure verbindet.

1) In allen Versuchen kamen blanke Metallschalen zur Verwendung. Nur einmal liessen wir absichtlich eine Messingschale mit einer sehr dünnen

Nr.	Buttermenge	Rancidität	Temperatur b. Eingiessen in d. Metallschale	Temperat. b. Aufbewahr.	Gefäss	Versuchsdauer in Tagen	Kupfergehalt mg	Also pro 1 Kilo	Methode
6	50	11,1	40°	20°	Kupferschale	5/8	0,5	10	colorimetrisch
7	50	11,1	40	20	Messingschale	5/8	0,3	6	colorimetrisch
8	25	32	40	20	»	2	3,6	144	gewichtsanalytisch
9	75	9	40	20—25	Messingschale	15	6,5	87	
10	25	32	40	20	Kupferschale	2	4,3	172	

b) Die ungesalzene Butter wird in Einzelportionen in Porcellan auf 150° erhitzt und zwar so lange, bis keine Andeutung von Wassergehalt mehr vorhanden ist. Hierauf wird der braune Schaleninhalt sammt den angebrannten Eiweisskörpern in die entsprechende Metallschale gegossen.

11	75	9	c. 130°	6°	Messingschale	1	0	0	Gewichtsanalytisch waren d. Kupferspuren nicht bestimmbar
12	75	9	» 130	25	»	1	0	0	
13	50	12,5	» 130	20	»	1	0,3	6	colorimetrisch
14	50	12,5	» 130	20	Kupferschale	1	0,3	6	
15	50	ca. 8	» 130	20	Messingschale	2	0,2	4	
16	50	ca. 8	» 130	20	Kupferschale	2	0,2	4	

c) Die Butter wird wie sub a behandelt, aber nach dem Einfüllen in die Metallschalen vor dem Abkühlen erst 10—45 Minuten in denselben auf ca. 140—160° erhitzt.

					Dauer d. Erhitzg. in der Schale					
17	50	11,1	ca. 40°	20°	20 Min.	Messingschale	5/8	1,0	20	Colorimetrisch
18	50	11,1	» 40	20	20 »	Kupferschale	5/8	1,4	28	
19	75	9	» 40	20	10 »	Messingschale	1	6,4	85	gewichtsanalytisch
20	75	3	» 40	20	10 »	»	1	5,3	70	
21	25	32	» 40	20	10 »	»	1	12,1	484	
22	25	32	» 40	20	10 »	»	1	17,5	700	
23	50	2,6	» 40	20	15 »	»	1	2,7	54	
24	50	2,6	» 40	20	45 »	»	1	3,9	78	

Aus diesen Versuchen folgt für ausgeschmolzene wasserfreie Butter:

1. Aus blanken Messing- und Kupfergefässen vermag Butterfett von sehr verschiedener Rancidität, wenn nur die Versuchs-

Butterschmalzschicht (Rancidität 10) 3 Tage stehen und gossen dann 50 g Butterschmalz von der Rancidität 8 ein. In 2¾ Tagen waren 4,9 mg Kupfer gelöst, d. h. 98 mg pro Kilo, also nicht sehr viel mehr als aus einer reinen Schale.

dauer 24 St. nicht übersteigt und die Butter nicht einige Zeit auf hoher Temperatur in der Schale gehalten wird, keine nennenswerthen Kupfermengen zu lösen.

2. Wird der unter 1 beschriebene Versuch einige Tage ausgedehnt, so findet allmählich und um so stärker je ranziger die Butter ist, eine Bildung von fettsaurem Kupfer statt.

3. Wird die Butter in einer Messing- oder Kupferschale auf hohe Temperaturen erhitzt (120—160°) und eine Weile bei diesen Temperaturen gehalten, so wird dadurch die Lösung von Kupfer sehr begünstigt. Es gehen nach dem Abkühlen schon in 24 St. bei starker Rancidität der Butter erhebliche Kupfermengen in Lösung.

Eine zweite Serie von Versuchen beschäftigte sich mit Butter, die nicht vorher durch Ausschmelzen von Wasser befreit war.

Tabelle VIII a.

II. Versuchsreihe.

Versuche mit Butter, die nicht vorher ausgeschmolzen wurde.

Es wurden abgewogene Buttermengen in Porzellanschalen eben geschmolzen und hierauf in die Metallschalen ausgegossen. Aufbewahrungstemperatur immer ca. 20°. — Es ist stets angegeben, ob der eventuell über dem Fettspiegel entstehende Grünspanring abgerieben und mitanalysirt wurde oder nicht. Die Methode war stets die colorimetrische, zuweilen durch die jodometrische controlirt.

a) Ungesalzene Butter.

No.	Buttermenge	Rancidität	Temperatur beim Eingiessen in die Schale	Gefäss	Aufbewahrungsdauer in Tagen	Kupfergehalt	Also pro Kilo	Mit oder ohne Ring analysirt
25	50	12,5	ca. 40°	Messingschale	1	1,8	36	mit Ring
26	50	12,5	» 40	»	2½	3,2	64	
27	50	12,5	» 40	Kupferschale	1	3,0	60	
28	50	12,5	» 40	»	2½	5,0	100	
29	50	12,6	» 40	Messingschale	1	1,7	34	
30	50	12,6	» 40	Kupferschale	1	2,0	40	

b) Gesalzene Butter (1% Kochsalz eingeknetet).

Nr.	Buttermenge	Rancidität	Temperatur beim Eingiessen in die Schale	Gefäss	Aufbewahrungsdauer in Tagen	Kupfergehalt	Also pro Kilo	Mit oder ohne Ring analysirt
31	50	Nicht bestimmt, ca. 8—15	ca. 40°	Messingschale	1	1,6	32	mit Ring
32	50		» 40	Kupferschale	1	4,4	88	mit Ring
33	50		» 40	Messingschale	2	0,3	6	kein deutlicher Ring gebildet
34	50		» 40	»	2	0,5	10	kein deutlicher Ring gebildet
35	50		» 40	Kupferschale	2	3,2	64	mit Ring
36	50		» 40	»	2	4,0	80	mit Ring
37	40		» 40	Messingschale	3	1,4	35	ohne Ring
38	40		» 40	»	3	2,0	50	mit Ring
39	40		» 40	Kupferschale	3	7,5	187	ohne Ring
40	40		» 40	»	3	24,4	610	mit Ring

Aus diesen Zahlen folgt:

1. Gesalzene und ungesalzene Butter lösen aus Kupfer- und Messingschalen das Kupfer etwa gleich gut auf.

2. Ceteris paribus ist stets die Lösung aus Messing geringer, oft viel geringer als aus Kupfer. Mit längerer Versuchsdauer nimmt der Unterschied stets zu. Besonders auffallend verschiedene Zahlen erhält man, wenn man den gebildeten Grünspanring mitanalysirt, da derselbe bei Messing stets undeutlicher ausgebildet ist, ja fast fehlen kann.

3. Die absoluten in Lösung gegangenen Kupfermengen sind bei Butter von ziemlich starker Rancidität (um 10° herum) durchaus mässig (höchstens in 3 Tagen ohne Ring 187 mg pro Kilo). Wenn ein länger dauerndes Erhitzen und nachheriges Erkalten im Metallgefäss stattfindet, so ist nach Tabelle VIII der Kupfergehalt in der Regel auch nicht höher, doch kann er bei sehr wenigem Fett Werthe bis 700 mg pro Kilo erhalten. Solches Fett ist dunkelblaugrün und abgesehen vom Kupfergehalt seines ranzigen Geschmackes wegen kaum geniessbar.

4. Wir dürfen behaupten, dass äusserst selten im Haushalt Verhältnisse realisirt sind, durch die mehr als 50 mg Kupfer in ein Kilo Fett gerathen können.

Eigenthümlich contrastirt mit diesen Resultaten Mair's[1]) Versuch:

1) **Mair**, Das Messing als Gift u. s. f. Friedreich's Blätter, 38. Jahrgang, 1887, S. 86.

»In einem blank gescheuerten Messingpfännchen wurden 2 g Schweineschmalz mit ca. 40 g Wasser unter Zusatz einiger Krystalle Kochsalz etwa 10 Minuten gekocht und die gesammte Flüssigkeit alsdann beiseite gestellt. Nachdem die Flüssigkeit 24 Stunden gestanden, wurde sie nochmal aufgekocht und dann sofort aus dem Gefäss herausgenommen. Die Fettschicht wurde möglichst von der wässerigen Schicht getrennt und beide Theile auf den Kupfergehalt geprüft. Die wässerige Schicht zeigte nur Spuren von Kupfer, während die Fettschicht einen Gehalt an 0,00663 metall. Kupfer ergab, welcher 0,06473 g eines Kupfersalzes der Fettsäuren des Schmalzes entspricht.«

»Nun braucht eine Hausfrau, um eine gute Fastensuppe herzustellen, auf einen Teller Suppe ca. 15 g Fett, es würde demnach dieses Quantum Fett in einer Messingpfanne auf die gleiche Weise behandelt, 0,049725 g metallisches Kupfer auflösen und dieses würde analog den obigen Berechnungen ungefähr dem zehnfachen Gewichte eines fettsauren Kupfersalzes entsprechen.«

Das wäre pro 1 kg Fett 3,315 g Kupfer!

Trotz der Unwahrscheinlichkeit dieser enorm hohen Zahl, glaubte ich den Versuch nachmachen zu müssen:

In einer blanken Messingpfanne erhitzte ich 400 ccm destillirtes Wasser, 20 g Kochsalz und 20 g Schweinfett 10 Minuten und liess erkalten. Am andern Tage war die Fettschicht ganz farblos und in der Kochsalzlösung konnte ich selbst mit Ferrocyankalium kein Kupfer nachweisen. — Die Erfahrungen, die auf S. 53 geschildert sind, veranlassten mich, den Versuch mit Brunnenwasser zu wiederholen, das Resultat war dasselbe.

Lancelot[1]) theilt folgende interessante Beobachtung mit: Ein Mann bemerkte, dass das Wasser seines Brunnens, der eine kupferne Pumpe hatte, Butterstücke, die man (unter mehrfachem Erneuern des Wassers) hineinlegte, blaugrün färbte. Der Apotheker Lancelot konnte leicht durch Auftröpfeln von Ferrocyankalium braunrothe Flecke auf der Butter erzeugen ebenso durch Schwefelwasserstoffwasser schwarze, es war also kein Zweifel, dass es sich um Kupfer handelte. Dagegen vermochte er nicht im betreffenden Brunnenwasser, im natürlichen sowohl wie im eingedampften Zustand (13 Liter!) mit diesen Reagentien eine Kupferreaction zu erzeugen. Nach Nachprüfung dieser Beoachtung im Laboratorium kann ich bestätigen, dass sich sehr leicht[2])

1) Lancelot, Bulletin de Therapeutique. Tome LXIII, 1862, p. 264.

2) Mit destillirtem Wasser geht der Versuch nicht. Vergl. S. 53.

ein Kupfergehalt eines kalkreichen Brunnenwassers, dem man wenig Kupfersulfat zusetzt, durch das Auftreten grünlicher Flecke an einem hineingelegten Butterklümpchen verräth, unbegreiflich bleibt aber Lancelot's Missgeschick bei dem Nachweis mit Ferrocyankalium im eingedampften Wasser. Es muss hier irgend ein Fehler gemacht sein.

Kupfer und Käse.

Verschiedene Käsesorten verdanken eine mehr weniger deutliche Grünfärbung einem geringen Kupfergehalt, so z. B. die grünen Käse von Parma und Lodi. Schon zu Beginn dieses Jahrhunderts war vermuthet worden,[1]) dass das Kupfer betheiligt sei, erst Besana[2]) führte den stricten Beweis und zeigte auch, dass Luftzutritt, aber nicht Lichtzutritt zu der Färbung nöthig ist. Marioni, Schüler von Besana, fand 1889 und 1890 den Gehalt von 35 Käseproben zwischen 54 und 215 mg Cu pro 1 Kilo. In einem Versuch in Besana's Station in Lodi wurden 365 l Milch mit 2,424 g Cu als Sulfat versetzt und unter Ausschluss von Kupfergeschirr zu Käse verarbeitet. Nach drei Jahren angeschnitten, war er gelblich, färbte sich aber an der Luft in 5 bis 6 Stunden gerade so grünlich, wie die Käse des Handels; 1 Kilo enthielt 96,4 mg Cu, theoretisch wäre 120 mg möglich gewesen.

Neuestens hat Kratschmer[3]) für den obersten Sanitätsrath Oesterreichs ein Gutachten ausgearbeitet, wonach sich in Käsen niemals nennenswerthe Kupfermengen finden. Zahlreiche Proben von Käsen, die in Kupferkesseln hergestellt waren, selbst wenn die Reinigung des Kessels vernachlässigt oder der Käse unter Säurezusatz zubereitet war, erwiesen sich als äusserst arm

1) Bayle-Barelle, Professor am Athenaeum in Pavia, 1808. Aehnliche Gedanken hatte der Chemiker David Nava, 1858. Näheres siehe bei Sartori: Chimica e Tecnologia del Caseificio. Torino, 1893—1895, I, p. 230.

2) Besana, Annuario della R. Stazione di caseificio di Lodi für 1889, 1890 und 1893. Vergl. auch hierüber Besana's Schüler Sartori, a. a. O. Ich verdanke diese schwer zugänglichen Literaturangaben meinem Freunde Herrn Dr. J. F. Herz in Memmingen.

3) Oesterreichisches Sanitätswesen, 1893, S. 43.

an Kupfer; in keinem Falle konnte in 10 g Käse Kupfer gefunden werden mit einer Methode, die noch 0,24 mg Kupfer nachzuweisen gestattete.

Ich habe einen grünlichen deutschen Parmesankäse in einer Würzburger Delicatesshandlung gekauft und auf Kupfer untersucht, er enthielt pro 1 Kilo = 72 mg Kupfer.

Kupfer und animalische Nahrung.

a) Bouillon.

Mair erzählt a. a. O. folgenden Versuch: »Es wurde ca. 1 l Reissuppe aus kräftiger Fleischbrühe hergestellt, vollständig erkaltet in den Kessel von Messing gegossen, und blieb diese Suppe genau 24 Stunden in demselben stehen, bei einer Temperatur von 16—17°; sie zeigte nach dem Herausgiessen einen solch intensiven adstringirenden, charakteristischen Metallgeschmack, dass es fast unmöglich war, auch nur eine kleine Menge zu geniessen. In der Gesammtmenge Suppe wurden 0,0236 g Kupfer nachgewiesen, welche demnach innerhalb 24 Stunden gelöst worden sind.« —

Analoge Werthe ergaben meine Untersuchungen mit Herrn Dr. Kant:

Vorversuch: Aus 1 Pfund Fleisch, 500 Wasser und etwas Grünzeug wird eine kräftige Bouillon gekocht und dieselbe klar abgegossen. In 250 ccm dieser Bouillon lässt man (Monat Juni) ein blankes Kupferblech von 60 cm Oberfläche (beide Seiten berücksichtigt) einhängen. Nach 100 Stunden zeigt das Blech über dem Flüssigkeitsspiegel einen grünen fettigen Streif. Derselbe mit Fliesspapier und Aether abgerieben, zeigt deutlichen Kupfergehalt: 11,1 mg[1]).

Das eintauchende Blech ist im Uebrigen mit weisslichen Fetttropfen bedeckt, auch das Fett an der Bouillonoberfläche (5 bis 8 g) ist weiss und kupferfrei, die Bouillon enthält nur sehr wenig Kupfer — unter 1 mg pro ¼ Liter.

1) Auf die zum Theil widersprechenden und ungenauen, auch nur qualitativ mitgetheilten Resultate Eller's und Orfila's verzichte ich einzugehen.

Aus einem Pfund Ochsenfleisch 1½ l Wasser und 5 g Salz wird in einer blanken tiefen Messingpfanne in 1½ Stunden eine gute Suppe gekocht, die abgegossen und auf 1 l aufgefüllt wird. Nachdem das Fleisch aus dem Kessel entfernt ist, werden 900 ccm der Suppe wieder hineingegossen.

Nach 24 Stunden bei Zimmertemperatur in 100 Bouillon 1,67 und 1,99, also in 1 l 18,3 mg Cu.

Nach 54 Stunden bei Zimmertemperatur in 100 Bouillon 3,1 und 4,37, also in 1 l 37,3 mg Cu.

Vor der Probeentnahme wurde jedesmal die Masse aufgekocht und versucht, mit einem Kochlöffel an den Wänden haftende grüne Theilchen möglichst vollständig abzukratzen, durch nicht ganz gleichmässige Mischung erklärt sich wohl die Differenz der Controllbestimmungen.

Der beim vorigen Versuch beschmutzte Messingkessel bleibt vom 4. VII. bis zum 11. VII., ohne vorher gereinigt worden zu sein, stehen. Am 11. VII. zeigt der Kessel am Boden keine Spur von Grünfärbung, nur die Randparthieen, und diese nur an den Stellen, an denen sichtbare weisse Fetttröpfchen sitzen, zeigen Grünfärbung. Am 11. VII. wird von einem Pfund bestem Ochsenfleisch, einem Liter Wasser und etwas Kochsalz in einer Porzellanschale eine Suppe gekocht und einige Löffel derselben in den schmutzigen Messingkessel gethan, um möglicherweise die Kupfersalzbildung zu beschleunigen. Aber auch am 13. VII. ist am Boden der Schüssel keine Spur von Grünfärbung zu bemerken, höchstens hat sich an den unteren Wandparthieen des Messingkessels das Fett und damit die Grünfärbung etwas vermehrt. Die Suppe, die am 11. VII. gekocht und bis zum 13. VII. sterilisirt in einem mit Watte verschlossenen Glaskolben aufbewahrt wurde, wird am 13. VII. in den Messingkessel gegossen, aufkochen und dann 24 Stunden stehen gelassen. Dann wird sie durch Zugiessen von gewöhnlichem Wasser wieder auf 1 l gebracht. Nach 24 Stunden und nach 48 Stunden Entnahme zweier Proben von 100 ccm.

Nach 24 Stunden in 100 ccm 3,82 und 4,06, also in 1 l 39,4.
» 48 » » 100 » 5,66 » 5,98, » » » » 58,2.

Auch in diesen Versuchen wurde die Suppe vor der Probeentnahme jedesmal aufgekocht.

Höchst auffallend im Vergleiche mit diesen Zahlen waren mir einige Angaben, die in dem Protokoll der 11. Versammlung bayerischer Chemiker in Regensburg enthalten sind. Nach diesen Stellen hätte Herr Prof. Hilger bei Gelegenheit eines Vergiftungsfalles durch kupferhaltige Suppe in der Gegend von Treuchtlingen Versuche über die Lösung von Kupfer aus Messingkesseln durch Suppe angestellt und dabei gefunden, »dass schon nach 12 Stunden beträchtliche Mengen in Lösung gegangen sind, in einem Falle sogar 0,163% Kupfer«. Das wären 1630 mg Kupfer pro Liter Suppe.

Ich bat Herrn Hofrath Hilger um freundliche Auskunft über diese mir unbegreiflichen Zahlen und erfuhr sofort zu meiner Freude, dass der ganze Passus verstümmelt und unrichtig in's Protokoll gelangt sei, und dass Hilger's wahre Resultate folgende seien:

Es wurde 1 Liter Reissuppe, zu deren Würzung nur Kochsalz gedient, 24 Stunden in einem Messinggefäss stehen gelassen bei 16—17°; dieselbe enthielt im Ganzen 19 mg Kupfer.

In einem zweiten Versuche, bei dem eine ähnliche Reissuppe, aber unter Verwendung von mehr Fett, hergestellt war, nahm dieselbe in 24 Stunden im Ganzen 23,6 mg Kupfer auf.

In ihrer richtigen Form stimmen also Hilger's Resultate genau mit unsern überein, und ich bin sehr froh, die Kupferliteratur von dieser unrichtig wiedergegebenen, beängstigenden Angabe befreien zu können.

b) Kalbsragout.

Es wurde ½ Kilo zerschnittenes Kalbfleisch mittelst etwas gebranntem Mehl, etwas Essig, Zwiebeln kunstgerecht in einer blanken Messingpfanne zu Ragout verarbeitet.

Nach 24 Stunden wurden 84,7 g Fleisch und Sauce entnommen; der Kupfergehalt war pro 100 g 6,3 mg, pro 1000 g 63 mg.

Nach 48 Stunden wurden 106,2 g Fleisch und Sauce entnommen; die Sauce zeigte eine leicht grünliche Farbe. 100 g enthielten 10,9, also 1000 g 109 mg.

Auch sonst ist Kupfer noch, gelegentlich durch Kupfergeschirre eingeführt, da und dort beobachtet, — die wichtigeren, für die hygienische Beurtheilung in Frage kommenden Zahlen glaube ich aber gesammelt zu haben. Erwähnt mag noch sein, dass die verschiedensten Apothekerpräparate durch Aufbewahren in Kupfer schädlich geworden sein sollen (Fossagrives in Dict. des sc. méd. XXIV. p. 329), was daselbst nachgesehen werden möge. Im rohen Succus liquiritiae fand Galippe sogar 88—313 mg Kupfer pro Kilo. (Journal de Pharmacie et de Chimie 1883, p. 441.

β) Absichtlicher Kupferzusatz.

Ein absichtlicher Kupferzusatz zu Nahrungsmitteln kommt vor:

1. Bei der Grünfärbung von Gemüseconserven.
2. Bei der Brotbereitung.
3. Selten und wohl nur aus thörichtem Unverstand noch in neuerer Zeit zur Färbung von grünem Thee, Conditorwaaren, Absinth (S. 50), Roquefortkäse u. dergl. Ich trete auf diesen letzten Punkt nicht näher ein.

Kupfer in grüngefärbten Gemüsen.

So schön grünlichgelb frisch gekochte Erbsen etc. aussehen, so ist es doch nach allgemeinem Urtheil unmöglich, eine schöne grünliche Farbe bei Conserven ohne künstliche Beihülfe zu erhalten [1]).

1) In einer späteren Arbeit wird die Frage zu discutiren sein, ob die Erhaltung der grünen Farbe durch den Zusatz von Kupfer erwünscht oder verwerflich erscheint. Während die französischen und ein grosser Theil der deutschen, namentlich südwestdeutschen Fabrikanten (Metz, Mainz), nicht glauben, ohne Kupferzusatz auskommen zu können, haben die norddeutschen Fabriken, z. B. Braunschweig, fast allgemein ganz auf Kupferzusatz verzichtet.

Nach Belval (Du Moulin: Le cuivre, 1881) wären 1886 schon $^3/_4$ aller Gemüseconserven ohne Kupfer hergestellt gewesen. Pasteur fand 1877 in

Mayrhofer hat darüber eingehende Erhebungen bei Fabrikanten gepflogen und mir wurde aus Braunschweig und hier in Würzburg ganz genau die gleiche Auskunft:

Eine sichere Sterilisirung der Conserven verlangt ein Erhitzen der in die Büchsen eingefüllten Gemüse auf etwa 120° während 15 Minuten; dabei tritt ohne die Verwendung von Kupfer oder anderen Farben eine mehr weniger deutliche gelbliche oder bräunliche Nuance ein, — in der That zeigen die von zugesetztem Kupfer freien Braunschweiger Conserven, z. B. der Firma Koch, keine grüne, sondern eine gelbliche Färbung.

Die Grünfärbung von Erbsen und Bohnen geschieht nach meinem Gewährsmann durch kurzes, 3—8 Minuten dauerndes, Brühen in einem Kupferkessel. Auf 30—40 Kilo Gemüse werden 100 l Wasser gebraucht, denen man 10—15 g krystallinisches Kupfersulfat zusetzt.

Andere Beobachter geben andere Zahlen an:

Während nach Mayrhofer[1]) dem Blanchirwasser im Kessel 20 ccm einer 20%igen Kupfersulfatlösung (= 4 g Kupfer) zugesetzt werden — er gibt nicht an, wie gross das Gefäss ist und wie viel Kilo Gemüse es aufnimmt —, verwendet man nach Paul und Kingzett[2]) in Paris auf 30 Kilo Erbsen 6,5—13 g Kupfersulfat, und Belval[3]) gibt sogar an, dass auf 30 Kilo Gemüse 25—35 g Kupfersulfat angewendet werden.

Natürlich wird nur ein Theil dieser Kupfermenge (die etwa 100 mg pro 1 Kilo Gemüse entspricht) aufgenommen, der Rest bleibt im Blanchirwasser.

---

25 Büchsen nur 6mal Kupferzusatz, Micé 1877 in Bordeaux nur in 3 Büchsen unter 29 von 17 verschiedenen Fabrikanten; Girard unter 100 als verdächtig in Paris eingelieferten Proben nur 50 bis 60 mit einem (erheblichen?) Kupferzusatz.

1) Mayrhofer, 10 Versammlung bayr. Chemiker in Augsburg, 1891, S. 90.

2) Paul und Kingzett, a. a. O.

3) Belval in du Moulin, Le Toxicologie du Cuivre, Bruxelles 1866, p. 119.

In 4 Versuchen habe ich bestimmt, wie viel Kupfer aufgenommen werden kann (Erbsen sehr gut abgespühlt):

a) 150 g Erbsen werden mit 15 mg Cu (als Sulfat) und entsprechendem Wasser kalt angesetzt und allmählich 1 Stunde gekocht. Die Erbsen enthielten 10,8 mg Cu, das Kochwasser 4,2 mg. Im Kochwasser war nach Veraschung das Kupfer mit NH_3 oder Ferrocyankalium nachweisbar, dagegen direct mit einem eisernen Nagel. 1 Kilo Erbsen = 72 mg Cu.

b) 150 g Erbsen werden mit 30 mg Cu (als Sulfat) und entsprechendem Wasser kalt angesetzt und allmählich 1 Stunde gekocht. Die Erbsen enthielten 20,2 mg Cu, das Kochwasser 9,8. 1 Kilo Erbsen = 134 mg Cu.

c) 150 g Erbsen werden mit 100 mg Cu (als Sulfat) wie oben behandelt. In den nicht besonders intensiv gefärbten Erbsen 47 mg Cu, in der Brühe 53 mg. 1 Kilo Erbsen = 312 mg Cu.

d) 400 g Erbsen werden mit 400 mg Cu (als Sulfat) wie oben behandelt. Die Erbsen enthalten nachher 253 mg Cu, die Brühe 147 mg Cu. 1 Kilo Erbsen = 632 mg Cu.

Die Wirkung des Kupfers bei der Gemüsefärbung beruht, wie Gautier vermuthete und wie wir namentlich durch Tschirch's [1]) eingehende Studien wissen, auf einer Kupfer-Chlorophyllverbindung. Nach Tschirch entsteht statt der braunen Phyllocyaninsäure, die das missfarbige Aussehen von Conserven bedingt, bei Kupferanwesenheit das brillantgrüne phyllocyaninsaure Kupfer. Eine einfache Rechnung, die ich [2]) glaube zuerst angestellt zu haben, beweist aber zur Evidenz, dass die geringen Chlorophyllmengen der grünen Pflanzen nur zur Bindung sehr bescheidener Kupfermengen ausreichen und dass bei einigermaassen starker Kupferung die Hauptmenge in anderer Bindung vorhanden sein muss. Es lag sehr nahe, an eine Verbindung zwischen Kupfer und den Eiweisskörpern zu denken.

---

1) A. Tschirch, Ueber das Färben von Nahrungs- und Genussmitteln. Schweiz. Wochenschrift für Pharmacie, 1891.

2) K. B. Lehmann, Bericht über die elfte Versammlung bayr. Chemiker in Regensburg, 1892, p. 19.

In neuester Zeit[1]) hat dann Tschirch in der That gezeigt, dass meine Ueberlegung richtig war, und dass z. B. bei einem Gesammtgehalt von 67 mg CuO in 472 g einer Erbsenprobe etwa 19 mg als phyllocyaninsaures Kupfer vorhanden waren, d. h. weniger als $^1/_3$.

In einer andern Probe von 465 g mit 47 mg CuO waren 13 mg (wenig mehr als $^1/_4$) als phyllocyaninsaures Kupfer und 34 mg in anderer Bindung vorhanden.

Zur Orientirung über die Leichtigkeit der Löslichkeit des Kupfers aus Conserven habe ich[2]) folgende Versuche gemacht.

Mit ganz schwach gekupferten Erbsen habe ich keine Versuche gemacht, da hier nur phyllocyaninsaures Kupfer zu erwarten war, das nach Tschirch in Salzsäure und Essigsäure unlöslich ist. Dagegen habe ich in drei Experimenten die Löslichkeit des Kupfers in stark gekupferten Conserven erforscht.

I. Aus 100 g Erbsen, die 7,25 mg Cu enthielten, gingen in 200 ccm $^1/_{10}$ Normalsalzsäure über bei 37°:

	in 16 Stunden	in 60 Stunden
mit Pepsinzusatz	2 mg	2 mg
ohne Pepsinzusatz	2 mg	2,5 mg.

II. Aus 100 g Erbsen, die 13,4 mg Cu enthielten, gingen in 200 ccm $^1/_{10}$ Normalsalzsäure über bei 37°:

	in 16 Stunden	in 60 Stunden
mit Pepsinzusatz	3,0 mg	5,0 mg
ohne Pepsinzusatz	1,5 mg	4,0 mg.

III. Aus 100 g Erbsen, die 31,2 mg Cu enthielten, gingen in 200 ccm $^1/_{10}$ Normalsalzsäure über bei 37°:

	in 23 Stunden
mit Pepsinzusatz	13,5 mg
ohne Pepsinzusatz	13,5 mg

1) Tschirch, Das Kupfer. Stuttgart 1893, S. 24 ff.

2) K. B. Lehmann, Bericht über die elfte Versammlung bayrischer Chemiker in Regensburg, 1892, S. 20. — Der Kupfergehalt der Erbsen ist an dieser Stelle bei Versuch II und III ungenau angegeben, auch steht dort $^1/_{100}$ statt $^1/_{10}$ Normalsalzsäure.

Ich verkenne natürlich nicht, dass im lebenden Organismus die Verhältnisse vielleicht etwas anders liegen, das verwendete Pepsin (Marke Langenbeek) war auf Fibrin gut wirksam.

Stärkere Lösung des Kupfers in Verdauungsgemischen fanden Paul und Kingzett[1]). Sie arbeiteten aber mit einer Salzsäure von 0,46 %, vorzüglichem Pepsin und zweimaliger Erneuerung der Verdauungsgemische. Ihr Versuch lautet: 5 Unzen conservirte gekupferte Erbsen wurden mit 300 Wasser (darin 1,356 g HCl) und 35 ccm sehr wirksamen Glycerinextracts von Schweinemagen 40 Stunden bei 40° gehalten, der ungelöste Rückstand nochmals 18 Stunden in die gleiche frische Mischung gebracht. Die beiden Extracte enthielten etwa gleiche Kupfermengen, der Rückstand war bis auf Spuren kupferfrei. Zahlen fehlen. Sie schliessen: Man kann annehmen, dass aus conservirten Erbsen das Kupfer in Lösung geht, aber der Grad der Lösung hängt wahrscheinlich ab von der Acidität und dem Pepsingehalt des Verdauungssaftes und der Dauer der Wirkung. Ueber die Wirkung der Pankreasverdauung fehlen Angaben.

Da nur das Kupfer, das von Chlorophyll gebunden ist, einen eigentlichen Werth für die Grünfärbung hat (die Kupfereiweissverbindungen sind blau gefärbt und nur von bescheidener Färbekraft), so leuchtet ein, dass schon sehr kleine Kupfermengen zur sachgemässen Kupferung ausreichen, dass aber auch aus Unverstand zugesetzte unsinnige Mengen sich dem Auge nicht allzu auffällig verrathen.

Das für Erbsen nothwendige Kupferminimum geben die Autoren etwas verschieden, aber doch leidlich übereinstimmend an: Gautier (a. a. O. S. 10) 18 mg, Mayrhofer (a. a. O. S. 84) 24 mg.

Nach den Ermittelungen Tschirch's lässt sich berechnen, dass 1000 g Erbsen etwa bis 30 mg Kupfer an Chlorophyll zu binden vermögen. Diese Minima sind natürlich in der Praxis sehr schwer einzuhalten.

Folgendes sind die in der mir zugänglichen Literatur enthaltenen Werthe:

1) Paul und Kingzett, The Pharmac. Journal and gazette, Sept. 1877 S. 234.

Es enthielt ein Kilo Erbsen Milligramme Kupfer:

Tabelle IX.

		Publicationsstelle	Einzelbestimmungen	Maximum
Carles[1]), Bordeaux	1876	Journ. de pharm. et de chimie, 1877, 4. série, XXV, p. 537	70. 128. 200. 210	210
Pasteur		Compt. rend., t. 84, p. 295		100
Galippe, Paris	1877	Bulletin de la Soc. de Biol., 1877, p. 231	48. 50. 60	60
Gautier[2])	1877	Le cuivre et le plomb.	20. 24. 83. 125	125
Riche u. Magnier de la source[3])	1879	Journ. de pharm. et de chimie, 1880, p. 330	16	
Cronquist, Stockh.	1879	Hygiea, 1879		200
Chatin u. Personne		?		170-180
Pariser Laboratoire municipal		?		184
State board of health of New-York	1888	Veröff. d. Kais. Gesundheitsamtes, 1888, S. 251	42—64	64
Mayrhofer[4]), Mainz	1891	Bericht üb. d. 10. Versamml. bayr. Chem. in Augsburg, 1891	25. 40. 44,8	44,8
Amthor, Strassburg	1892	Zeitschr. f. Nahrungsmittel, Hyg. u. Waarenkunde, 1892, S. 332	25 Proben wegen Kupfergehalt beanstandet unter 52 untersuchten	129
H. A. Weber	1892	Journal of Americ. Chemic. Societ. XIII, 207	?	294
Hamel-Roos Amsterdam	1893	Rev. internat. des falsif., 1893, Febr.	26—63	63
Tschirch, Bern	1892	Das Kupfer. Stuttgart 1893	Schweizer Erbsen 72—114 mg Französ. Erbsen 115 mg	114 115
F. Adam[5]), Wien	1893	Zeitschr. f. Nahrungsmittel, Hyg. u. Waarenkunde, 1893, S. 277	Spuren bis 35 mg	35

1) In Bohnen 80, 76.

2) In Bohnen 99.

3) In Bohnen 35, 40, 45.

4) Mayrhofer fand noch in anderen kunstgerecht gegrünten Waaren aus Mainzer Fabriken Kupfer (nur bei den grünen Chinois soll ein Versehen des Arbeiters erwiesen sein):

Mandeln	26,5; 36,8; 22,8	Chinois (unreife Pomeranzen) grün	47,0; 76,6
Feigen	15,1; 17,0; 19,0	Chinois gelb	56,1
Reineclauden	18,0	Gurken	45

5) In Bohnen bis 106 mg, Tomaten 66 mg.

Um mir selbst einen klaren Begriff von Farbe und Geschmack gekupferter Erbsen im Vergleich zu nicht gekupferten zu verschaffen, bezog ich von einer Reihe verschiedener Firmen Erbsen:

Tabelle X.

	Farbe	Sorte	Geschmack	Kupfer pr. Kilo	Ob gekupfert?
1. Braunschweig .	gelblich	feinste	nicht nach Kupfer	4,0	nein
2. Braunschweig .	»	feine		ca. 2,0 zerbroch.	nein
3. Würzburg . . .	»	Ziemlich grob. Für eigenen Bedarf eingemacht		0,4	nein
4. Franz. Etiquett	hellgrüngelb	feine		24	vorsichtig u. kunstgerecht
5. Vom Mittelrhein	bläul.-grün	ganz feine		120	grob nachlässig

Für den **Geschmack** war Kupfer nirgends zu bemerken.

Bohnen.

Braunschweig . .	—	prima Brechbohnen	nicht nach Kupfer	0,8	nein
	—	jungeSchnittbohnen		4,0	nein
Vom Mittelrhein .	—	feinste Princessbohnen		3,0	nein

Des Vergleiches wegen wurden auch Essiggurken[1]) in zwei Sorten untersucht.

Tabelle XI.

	Farbe	Geschmack	Kupfer pr. Kilo	Ob gekupfert?
1. Vom Mittelrhein	grün m. Stich in's Braune	angenehm. Nach Estragon	18 mg	vorsichtig gekupfert
2. Aus einem Würzburger Delikatessengeschäft	dunkelblaugrün	sehr sauer. Kein Kupfergeschmack	120 »	übertrieben gekupfert

1) In der Literatur sind wenige Angaben über den Kupfergehalt von Essiggurken zu finden: Wesener (Zeitschr. f. angew. Chem., 1889, S. 121) 29 mg pro Kilo. — Holdermann (Arch. de Pharmac., 13, 1878, S. 98) in 6 Gurken 45 CuO. Das Gewicht der Gurken ist nicht angegeben; man könnte leicht 360 mg Cu pro Kilo daraus berechnen. — Riche und Magnier de la Source (Journ. de Pharm. et de chimie, p. 330) 18 mg.

Diese Zahlen beweisen, dass bei der Kupferung der Conserven öfters noch die roheste Empirie waltet. Bleibt es doch — wie mir von einem Kenner dieses Industriezweiges versichert wurde — an manchen Orten gewissen Arbeitern überlassen, aus der Hosentasche nach Gutdünken Kupfervitriolcrystalle in's Blanchirwasser zu werfen. Es unliegt somit auch keinem Zweifel, dass eine genaue Regulirung dieser Frage Bedürfnis ist. Ich kann aber erst darauf eingehen, wenn ich in den späteren Abschnitten die Toxikologie des Kupfers ebenso kritisch behandelt habe wie hier das Vorkommen und die Verbreitung.

Kupfer und Brot.

Es interessirt uns hier nur beiläufig, dass schon durch die Metalltheile einer Mühle gelegentlich Kupfer in Mehl und damit in Brot gelangt ist. (Nach Thieullen in La Rochelle).

Wichtiger ist schon, dass ab und zu zur Vernichtung der Brandsporen mit Kupfersulfat gebeiztes Getreide aus Versehen allein oder unter anderes Getreide gemischt vermahlen und zur Brotfabrikation verwendet worden ist. Eine quantitative Angabe über die Kupfermengen, welche bei diesem Beizen vom Getreide aufgenommen werden, fand ich nirgends, dagegen auffallend verschiedene Angaben über die zur Beize üblichen[1]) Kupfermengen.

500 g Kupfersulfat auf einen Sack Getreide (150—200 Pfd.) finde ich bei Galippe, 5 g Kupfersulfat auf 100 l Getreide ohne Angabe der nöthigen Wassermenge (Fossagrives im Dictionnaire Jaccoud).

In Meyer's Conversationslexikon heisst es: 24 Stunden Einweichen in 0,5 % Kupfersulfatlösung. Diese klare und hinsichtlich der Concentration in der Mitte stehende Vorschrift habe ich befolgt und gefunden:

1) Nach den Zusammenstellungen von Tschirch wird die Entwickelung der Brandpilze schon durch sehr schwache Concentrationen gehemmt Ueber die Tödtungsconcentration sind auch hier die Angaben spärlich a. a. O. S. 45.

1000[1]) g Weizen brauchen 700 ccm ½ % Kupfersulfatlösung um vollständig bedeckt zu sein. In 24 Stunden nehmen 1000 g Weizen dabei auf:

Getreide nur gut abgetropft nicht abgespült: 448 mg Cu
» gut abgetropft und reichlich abgespült: 200 » »

Es wird also pro 1 Kilo Saatgetreide — womit man ca. 60 qm besät — höchstens etwa ½ g Kupfer ausgestreut, also pro Quadratmeter etwa 9 mg Kupfer! Damit ist zum Ueberfluss bewiesen, dass es thöricht ist, von Verwendung gekupferten Saatgutes nennenswerthe Erhöhung des normalen Kupfergehaltes zu befürchten. Komisch berührt es geradezu, wenn Forsagrives meint, schon 5 g Kupfersulfat auf 100 l Saatgut einwirkend, könnten event. Gesundheitsstörungen durch das geerntete Getreide hervorbringen. Ein wenig quantitatives Denken hätte vor dieser Meinung geschützt.

Ein grosses hygienisches Interesse verdient jedoch der Kupferzusatz zum Brotteig, um den Gärungsprocess zu beeinflussen und lockeres, weisses Brot auch noch aus Mehl zu gewinnen, das sich ohne Zusatz als schlecht backfähig erwiesen hätte. Nach der geläufigen Ansicht soll das Kupfersulfat veränderten Eiweisskörpern ihre ursprüngliche Zähigkeit wieder geben, es erscheint aber auch sehr möglich, dass gewisse Gärungsprocesse günstig resp. ungünstig beeinflusst werden.

Etwa seit den Jahren 1816—1817 dieses Jahrhunderts soll dieses Verfahren in Belgien, Holland, Nordfrankreich verwendet werden, seit dem Ende der 20er Jahre in grosser Ausdehnung. Namentlich Kuhlmann[2]) hat eine sehr gründliche auf praktische Erfahrung und Experimente gegründete Studie darüber geschrieben, ohne dabei das Vorkommen von Kupferspuren in normalem Mehle zu übersehen. Quantitative Angaben hat Kuhlmann über die von ihm gefundenen Kupfergehalte nicht gemacht, doch gebührt ihm das Verdienst, zuerst festgestellt zu haben, ob überhaupt Kupferzusatz zum Mehl die gewünschte

1) 1000 g Weizen = 1290 ccm

2) Annales d'hygiène publ., III, p. 342. Deutsch in Poggendorff's Annalen, XXI, 1831, p. 447.

Wirkung hat, welche Mengen Kupfersulfat hinreichend und welche überhaupt anwendbar sind, wenn ein brauchbares Brot erhalten werden soll.

Uebersichtlich dargestellt ergaben seine Versuche:

Tabelle XII.

Wenn sich das Kupfersulfat im Brot in einer Concentration befand	Enthielt 1 Kilo Brot Kupfersulfat in Milligramm	Enthielt 1 Kilo Brot Kupfer in Milligramm	Wirkung auf das Aufgehen
$^1/_{70000}$	14	3,5	Eben deutlich.
$^1/_{30000}$	33	8	} Wirkung maximal.
$^1/_{15000}$	66	16	}
$^1/_{4000}$	250	62,5	Grösste Menge, die nach dem Brot zugesetzt werden kann, ohne dem Aufgehen und dem Aussehen des fertigen Brotes allzusehr zu schaden. Doch ist dasselbe wässerig und zeigt grosse Augen.
$^1/_{1800}$	555	139	Aufgehen des Brotteigs verhindert.

Die Arbeit de Midder's[1]) aus dem Jahre 1877 bringt gar nichts neues, sie reproducirt — soweit ich aus dem mir allein zugänglichen Referate ersehen kann — einfach Kuhlmann's Angaben.

Neuerdings hat Foulkes Lowe[2]) 148 mg Cu in einem Kilo Mehl gefunden. Es erscheint denkbar, dass Mehl von verminderter Backfähigkeit von gewissenlosen Händlern gleich mit Kupfersulfatpulver gemischt verkauft wird.

1) De Midder, Virchow-Hirsch, 1877, Bd. I, S. 516.

2) Citirt nach Tschirch, a. a. O., S. 7.

Nachtrag:

Während des Drucks dieser Bogen erhielt ich die langersehnte Gelegenheit, Pflanzen, die auf den Schutthalden eines Kupferbergwerks gewachsen sind, zu analysiren. Indem ich baldige ausführliche Mittheilung in Aussicht stelle, theile ich vorläufig mit, dass ich in 1 Kilo Trockensubstanz verschiedener Pflanzen bis 395 mg Cu gefunden habe, ähnlich war der Kupfergehalt des Gesteins und der Erde. Die Zahlen stimmen gut mit Tschirch's Kupferungsresultat, bleiben aber noch weit unter Vedrödi's höheren Werthen.

Hygienische Studien über Kupfer.

III. Welche Kupfermengen können durch Nahrungsmittel dem Menschen unbemerkt zugeführt werden.

Von

Prof. Dr. **K. B. Lehmann,**

z. Th. unter Mitwirkung von Herrn Dr. **Kant.**

(Aus dem hygienischen Institut in Würzburg.)

I. Geschmack und Farbe der kupferhaltigen Nahrung.

Für die Frage der Kupfervergiftung durch Nahrungsmittel ist es von fundamentaler Wichtigkeit, nicht nur zu wissen, wie viel Kupfer ein Nahrungsmittel enthalten kann, sondern auch wie viel Kupfer noch für unsere Sinne ohne besondere Aufmerksamkeit unbemerkt bleibt.

Meines Wissens hat bisher nur Galippe[1]) eine Anzahl einschlägiger Beobachtungen mitgetheilt; ich habe jede Gelegenheit benutzt, um diese Frage zu fördern, und die gelegentlich erhaltenen Ergebnisse schliesslich planmässig vervollständigt.

Sicher ist, dass das activ aufgenommene Kupfer niemals zu schmecken ist, ich bin auch überzeugt, dass selbst in den Versuchen von Tschirch mit Kupferdüngung der hohe Gehalt von 264 mg pro Kilo Weizen für die Zunge unmerklich war.

Es erklärt sich dies in erster Linie durch den sehr unbedeutenden Geschmack der Kupfereiweissverbindungen. Käufliches Kupferalbuminat, das pro 1 g 43,0 mg Kupfer[2]) (neben 7,6 % Wasser) enthielt, fand ich völlig geschmacklos.

1) Galippe, Etude toxicologique sur le cuivre et ses composés. Thèse pour le doctorat en médécine. Paris 1875, p. 161 u. ff.

2) Hierüber stelle ich neue Versuche in Aussicht. Vergl. pag. 72.

Aus demselben Grunde ist auch ein passiver Kupfergehalt in eiweissreichen Substanzen nur bei sehr grossen Mengen zu schmecken, — bei grünen Gemüsen wirkt mit, dass das phyllocyaninsaure Kupfer nach Tschirch von sehr unbedeutendem Geschmack ist. — Wo im Folgenden kein Autor angegeben ist, sind eigene Versuche gemeint. Alle Zahlenangaben beziehen sich, wenn nichts anderes bemerkt, auf 1 Kilo oder Liter.

Fleischspeisen.

Galippe gibt an:

1 Kilo »Paté de cochon« (eine Art stark gewürzter Fleischkäse) schmeckt merklich nach Kupfer durch 0,8 g Kupferacetat = 264 mg Cu; sehr stark, aber noch erträglich, durch 4 g Kupferacetat = 1280 mg.

Hiebei ist aber die Farbe schon verändert. Durch Nachtrinken wird der Geschmack stärker. Höchst auffällig wird der Geschmack schon beim ersten Bissen durch 5—6 g Kupferacetat = 1650—1980 mg pro Kilo.

1 Kilo Gänseleberpastete wird unangenehm durch 5,0 g dreibasisches Acetat = 1,65 g Cu, schmeckt unerträglich durch 10 g = 3,3 g Cu.

Ich fand:

1 Kilo Leberwurst, stark mit Pfeffer, Salz und Majoran gewürzt, schmeckt mit 80 mg unmerklich, mit 160 unmerklich, mit 320 unmerklich; 480 mg sind nur bei Aufmerksamkeit zu schmecken. Farbe schmutzig grün. Mässiger Nachgeschmack. Mit 800 mg Geschmack abscheulich. Doch findet sich eine Versuchsperson, die auch davon noch eine kleine Portion essen zu können glaubt.

1 Kilo saures, braunes Rindfleischragout mit Salz, Pfeffer und Zwiebeln gewürzt, schmeckte bei Zusatz von 500 mg Cu (als Acetat) noch nicht deutlich nach Kupfer, auch der Nachgeschmack war kaum zu bemerken, bei 350—400 mg war überhaupt noch keine Veränderung des Geschmackes zu beobachten.

Noch interessanter dürften folgende Versuche sein, bei denen ohne alle Gewürze eine Fleischspeise bereitet wurde:

250 g Rindfleisch wurden 1 Stunde lang in Wasser gekocht, dem 250 mg Cu als Sulfat zugesetzt war. Das gar gekochte Fleisch wurde durch Abspülen gut von anhaftender Kupferlösung befreit, ein kleiner Theil wurde gegessen. Der Geschmack verrieth in nichts den Kupfergehalt. Bei der Analyse des restirenden Fleisches (etwa 240 g frisch entsprechend) ergab sich 90 mg Kupfergehalt. Also pro Kilo 375 mg Cu sind noch nicht zu schmecken.

Um einen recht extremen Fall — wie er etwa vom Verbrecher gewählt werden könnte — zu verwirklichen, wurden darauf auch einmal 250 g Rindfleisch mit 1000 mg Cu als Sulfat gekocht. Die Fleischbrocken wurden blaugrün an der Oberfläche, schmeckten sehr stark nach Kupfer und verloren selbst nach stundenlangem Auswässern den Kupfergeschmack nicht. 1000 g solchen Fleisches enthält 2370 mg Cu.

Brot.

Hierüber habe ich keine Versuche gemacht. Nach Kuhlmann (siehe oben S. 71) können überhaupt nicht mehr als etwa 62 mg dem Brotteig zugesetzt werden, wenn er noch aufgehen soll. Ganz sicher wären aber selbst 100 mg Cu, ja wohl 200 noch vollständig unschmeckbar.

Gemüse.

Erbsen	180—270 mg.	Geschmack nicht verändert.	Gallard. Bericht an die Reverdissage-Commission v. 1881
»	186—244 »	Geschmack nicht verändert.	K. B. Lehmann, 1892.
»	634 mg.	Noch ohne Widerwillen ohne Zuthat geniessbar, aber lange anhaltender, widerwärtiger Nachgeschmack.	K. B. Lehmann, 1892.
Bohnen	740 mg.	Abscheulich, ungeniessbar.	K. B. Lehmann, 1892.

Man könnte nach diesen Zahlen glauben, als ob man sehr grosse Kupfermengen in eiweissreichen Speisen aufnehmen könnte, da ja erst von einem sehr beträchtlichen Gehalt ab die Speise beim Kosten kupferig schmeckt. Es muss aber nachdrück-

lich darauf hingewiesen werden, dass es ganz etwas Anderes ist, eine kupferhaltige Speise zu kosten oder sie zu verzehren. Hierfür zum Beweis folgende von mir und Herrn Dr. Kant persönlich gesammelten Erfahrungen.

Versuche, zusammengesetzte eiweisshaltige Nahrung mit hohem Kupfergehalt in grösserer Menge zu verzehren:

I. Versuch.

500 g Fleisch, 100 g grüne Erbsen, viel trockene Suppenkräuter (Julienne) werden mit etwas Wasser, Butter, Salz und Pfeffer unter Zusatz von 120 mg Kupfer als Sulfat gekocht. Ich versuchte diese Speise zu essen. Von dieser Nahrung war nur ein Theil geniessbar — Mittags gelingt es, die Hälfte Abends etwa ein Viertel zu essen. Es bleibt im Rückstand 43 mg Cu, also sind 77 verzehrt. Charakteristisch war, dass die ersten Bissen sowohl Mittags wie Abends ganz leicht verzehrt wurden, dass aber zunehmender, schliesslich unüberwindlicher Ekel weitere Aufnahmen unmöglich machte.

II. Versuch.

Es werden 200 g Erbsen mit reichlichem Kupfersulfat imprägnirt und durch die Analyse nachgewiesen, dass in den gut abgespülten Erbsen, die ohne weitere Zuthat nur mit etwas frischer Butter von mir verzehrt wurden, 124,8 mg Kupfer enthalten waren. Der Geschmack war nur sehr gering kupferig, es trat, etwa 30 Minuten lang anhaltend, ein unangenehmer Kupfernachgeschmack auf.

III. Versuch.

500 g grüne Bohnen, 250 g geschnittenes Rindfleisch und 50 g Kartoffeln werden mit 120 mg Cu als Sulfat zusammengedämpft; als Zuthaten dienen Butter, Salz und Pfeffer. Die Mahlzeit wird in zwei Absätzen, Mittag und Abend, von Dr. Kant ohne jede Beschwerde verzehrt. Geschmack weder bei noch nach dem Verzehren lästig.

IV. und V. Versuch.

Es wurden zwei Portionen von 250 g Bohnen, 300 g Hammelfleisch und ca. 50 g Kartoffeln unter Zusatz von 120 mg Cu als Sulfat gekocht. Die eine Portion ass ich, die andere Dr. Kant. Beide konnten wir anfangs keinen unangenehmen Geschmack wahrnehmen, aber während des Essens trat immer stärkere Belästigung hervor, so dass wir beide nur unter energischester Bekämpfung unseres wachsenden Ekels etwa zwei Drittel der Speise zu Mittag essen konnten. Auch das Verzehren des letzten Drittels am Abend war nur unter grosser Selbstüberwindung möglich, obwohl auch jetzt die ersten Bissen ganz normal schmeckten.

Aus diesen Versuchen folgt, dass selbst in Eiweissverbindung in Fleisch und Gemüse vorhandenes Kupfer nur in kleinen

Mengen und starker Verdünnung geniessbar ist; wo nicht der Geschmack der weiteren Nahrungsaufnahme ein Ende macht, thut es der Nachgeschmack. Einzelne Unregelmässigkeiten der Resultate bleiben vorläufig unerklärt.

Noch leichter verräth sich das Kupfer natürlich in eiweissarmen oder eiweissfreien Nahrungsmitteln:

Wasser (kalkreiches Brunnenwasser).

64 mg Cu (als Acetat). Kaum merklicher adstringirender Geschmack, minimaler Nachgeschmack. Wasser durch Kupfercarbonat spurweise milchig getrübt.

96 mg Cu. Etwas deutlicher, aber bei niederer Temperatur und raschem Trinken nicht ohne weiteres sehr auffällig. Nachgeschmack merklich.

128 mg Cu. Geschmack deutlich unangenehm, anhaltender kratzender Nachgeschmack. Wasser deutlich weisslich trübe

Kohlensaures Wasser.

1 l künstliches Selterswasser schmeckte mit:

80 mg Cu (als Sulfat) kaum merklich nach Kupfer, minimaler Nachgeschmack.

160 mg Cu. Bei raschem Trinken kaum merklicher Geschmack, Nachgeschmack sehr deutlich. Wasser unverkäuflich.

Suppe.

Ueber Wassersuppen habe ich keine Versuche gemacht, sie dürften in ihrem Verhalten von Wasser nicht nennenswerth abweichen. Dagegen habe ich wegen verschiedener Vergiftungsgeschichten den Geschmack und das Aussehen von kupferhaltigen Fleischbrühsuppen eingehend studirt.

Bouillon ohne Zuthat.

Bouillon aus 500 Fleisch, 1000 Wasser, etwas Salz und Suppenkräutern wird klar in ein Messinggefäss gegossen und nimmt darin successive beim Stehen Kupfer auf.

Der Geschmack war bei

18—20 mg unmerklich.
37 » vielleicht eine Spur adstringirend.
38—40 » unmerklich.

58 mg. Sehr schwach adstringirend (Farbe deutlich grünlich).

Bei Zusatz von Kupferacetatlösung zu Bouillon fand ich

128 mg. Geschmack fast unmerklich. Sehr geringer Nachgeschmack nach Genuss kleiner Mengen; die anfangs blaugrüne Farbe hellt sich beim Kochen etwas auf.[1])

192 mg. Geschmack gering. Nachgeschmack stärker.

256 mg. Geschmack schwach. Nachgeschmack stark. Bouillon ganz ungeniessbar. Farbe auffallend blaugrün.

Galippe gibt an: 250 mg Cu als Sulfat verändert die Farbe einer Bouillon sehr auffallend, Geschmack unerträglich.

Mair's Angabe, dass 23 mg Cu einen Liter Suppe abscheulich schmeckend machten, ist unglaublich nach all' dem Gesagten.

Bouillon mit Zuthaten.

Aus 500 Fleisch, 1000 Wasser und 30 g trockenen Suppenkräutern (»Julienne«) wird eine schmackhafte Suppe gekocht und das Fleisch entfernt, die Kräuter darin gelassen. Auf Zusatz von 100 mg Cu als Acetat wird die Suppe bläulich — aber nach etwa 5 Minuten hellt sich die Farbe auf, die grünen Gemüse nehmen eine intensiv grüne Farbe an. Der Geschmack ist kaum merklich unangenehm.

Auf Zusatz von nochmals 100 mg Cu als Acetat tritt wieder bläuliche Färbung ein, die bei einigem Stehen nochmals etwas abnimmt, — der Geschmack bleibt aber auch nach längerem Stehen sehr schlecht, die Suppe ist ungeniessbar.

Aehnliche Resultate ergab ein Versuch 3 Jahre später:

Die Suppe wurde wie im vorigen Versuche bereitet, Kupfer als Acetat zugesetzt.

Auf Zusatz von 128 mg Cu: Die vorübergehend grüne Farbe verschwindet bis auf Spuren beim Kochen unter Grünfärbung der grünen Suppenkräuter. Geschmack und Nachgeschmack 0.

Jetzt Zusatz von 64 mg Cu, also total 192. Farbe blaugrünlich. Nochmals blasst die blaugrüne Farbe beim Kochen erheblich ab, Geschmack und Nachgeschmack sehr gering.

1) Auf weiteren Zusatz erfolgt keine weitere Aufhellung.

Zusatz von 92 mg, also total 284 mg Cu. Die Farbe bleibt jetzt auch nach dem Kochen gelblichgrüngrau, Geschmack gering, — grössere Mengen davon sind aber wohl nicht geniessbar. Nachgeschmack mässig, aber unangenehm.

Wein (Fränkischer sauerer Weisswein).

40 mg Cu in 1 l	Farbe nicht merklich verändert. Geschmack ebenso	Das Kupfer aus Messing aufgenommen.
56 » » » »	Farbe mit grünlichem Stich, Geschmack zweifelhaft	
50 » » » »	Farbe und Geschmack kaum verändert	Kupfer als Kupferacetat zugesetzt.
100 » » » »	Noch gut geniessbar, grünlich. Unangenehmer Nachgeschmack	
150 » » » »	Kaum geniessbar, Nachgeschmack recht unangenehm	
200 » » » »	Nur mit Ueberwindung zu trinken, sehr unangenehmer Nachgeschmack	
330 » » » »	Ganz ungeniessbar, ein Schluck macht Brechreiz, obwohl das zugesetzte Gramm dreibasischen Kupferacetats nur theilweise gelöst ist . .	Galippe.[1]

Branntwein.

1 l ordinärer Branntwein (Kartoffelschnaps) schmeckt mit:

160 mg Cu (als Acetat) nicht merklich nach Kupfer. Farbe schwach grünlich.

320 mg Cu (als Acetat) fast unmerklich nach Kupfer, Farbe grünlich. Leichter Nachgeschmack.

---

1) An einer anderen Stelle gibt Galippe an, schon 0,1 g Kupfersulfat, d. h. 25 mg Cu in 1 l genüge, um mit 1 Tropfen Wein, den man auf die Zunge legt, höchst widerwärtige Empfindung hervorzubringen.

480 mg Cu (als Acetat). Leicht adstringirender Geschmack. Nachgeschmack gering, aber merklich.

800 mg Cu (als Acetat). Adstringirend: Nachgeschmack sehr unangenehm.

960—1120 mg Cu (als Acetat). Tief grün. Noch schlechter schmeckend, ein Schluck macht rasch Brechreiz.

Bier.

1 l Bier schmeckt bei Zusatz von Kupferacetat mit:

30 mg Cu.	Kaum merklich. Dr. Kant trinkt solches Bier monatelang zu Versuchszwecken.
50 » »	Noch geniessbar.
64 » »	Noch geniessbar. Nachgeschmack recht unangenehm.
96 » »	Noch geniessbar. Nachgeschmack kräftig. Ein grösseres Quantum widersteht.
250 » »	Nach Galippe als Sulfat zugesetzt für einen stumpfen Gaumen noch geniessbar.
500 » »	Nach Galippe abscheulich, aber auch diese Dose könnte noch überschritten werden.

Essig.

1 l Essig schmeckt mit:

40—62 mg.	Unmerklich, Farbe blassgrünlich	durch Stehen in Kupfer od. Messing.
477 »	Stark grün. Geschmack unangenehm	
845 »	Tief grün. Geschmack unerträglich	

Fett.

Ueber den Geschmack von kupferhaltigem Fett habe ich nicht viel experimentirt, da 1 mg Cu hinreicht, um 5 ccm Oel grasgrün — sehr warnend — zu färben und ausserdem das käufliche ölsaure Kupfer nur höchst widerlich nach Fettsäure riecht und schmeckt (etwa wie Oelfarbe!), aber keinen Kupfergeschmack hat. Letzteres ist selbstverständlich bei seiner Unlöslichkeit in Wasser.

2. Welche Kupfermenge kann der Mensch mit der Nahrung noch unbemerkt aufnehmen.

Fragen wir zuerst, welche Kupfermengen kann ein erwachsener Mensch pro Tag durch Verzehren unserer Nahrungsmittel aufnehmen, wenn sie weder die Kunst noch die Nachlässigkeit des Menschen mit Kupfer angereichert hat. Ich lege hierfür die Maximalwerthe[1]) der vorangehenden Abhandlung zu Grunde und stelle die Nahrung so kupferreich als möglich zusammen. Für Mittag- und Nachtessen habe ich Ochsenleber als das kupferreichste animale Nahrungsmittel gewählt.

Frühstück	50 g Cacao + 500 g Milch . .	2,0 mg
	200 » Brod	1,6 »
Mittagessen und Nachtessen	12 Austern[2])	3,6 mg
	800 g Ochsenleber	40,0 »
	200 » Kartoffeln + 200 g Gemüse	1,0 »
	600 » Brod	4,8 »
		53,0 mg

Es kann also die tägliche Kupferaufnahme ganz leicht 53 mg betragen, sie dürfte allerdings meist nicht über 10—20 mg hinausgehen, da so kupferreiche Leber, wie ich sie hier annahm, nicht häufig zu sein scheint und Fleisch nach allen Autoren sehr kupferarm — vom praktischen Standpunkt kupferfrei — ist.

Stellen wir nun zusammen, welche Kupfermengen durch Verwendung von Conserven, Kupfergeschirren u. s. w. unter der Annahme grosser Indolenz und höchsten Leichtsinns in den Körper eines Menschen gelangen können — wobei nur der Geschmacksinn und das Auge als Warner dienen sollen. Ich lege hier die beobachteten Maximalzahlen für das Kupfervorkommen unter den Verhältnissen des Haushalts zu Grunde.

1) Natürlich nur Werthe, die ich nicht auf Grund meiner Analysen als unglaublich bezeichnen musste.

2) Ich habe hier für die Austern den höheren der beiden von mir ermittelten Werthe zu Grunde gelegt, da ich es bis auf weiteres für nicht ganz sicher halten darf, dass die S. 33 erwähnten Austern noch als normal, in Deutschland verkäuflich und schmackhaft gelten dürfen. Vergl. p. 83.

Frühstück	½ l	Wein	25 mg
	100 g	Parmesankäse	21 »
	200 »	stark gekupfertes Brot	12 »
Mittagessen	200 ccm	Suppe, die in Kupfer stand	12 »
	400 g	Ragout von Ochsenfleisch, das in Kupfer stand	20 »
	50 »	Salat mit 20 ccm stark kupferhaltigem Essig bereitet	4 »
	200 »	stärkst gekupferte Erbsen	60 »
	100 g	stark gekupfertes Compot	3 »
	300 »	Brot, stark gekupfert	19 »
	1000 »	Wein, der in Kupfer stand	50 »
	50 ccm	stark gekupferten Branntwein	3 »
Nachtessen		Nochmals das halbe Quantum des Mittagessens	75 »
			304 mg

Könnte man aber eine solche Tageskost geniessen? Nach meinen Erfahrungen sicher nicht. In den fünf von uns angestellten Versuchen (S. 76) waren mit Ausnahme von Versuch III bei oder nach der Mahlzeit solche Belästigungen — mehr durch den Nachgeschmack als den Geschmack der Speisen — vorhanden, dass es unmöglich erscheint, viel über 120, allerhöchstens etwa 200 mg Kupfer in der Nahrung zu geniessen. Diese obige Speisekarte hat also nur theoretischen Werth.

Und zum Schlusse fragen wir uns, wieviel Kupfer könnte ein Verbrecher von den üblichen Kupfersalzen einem seiner Sinne mächtigen Menschen in einem Tage zuführen, ohne Gewalt anzuwenden oder sein Vorhaben durch den unerträglichen Geschmack der Speisen zu verrathen.

Ich brauche hier nicht ausführlich zu werden. Nach allem Gesagten erscheint es denkbar, dass in einer besonders geschickt gewählten Mahlzeit 200 mg allerhöchstens untergebracht werden

können, ohne dass es der Betreffende sofort oder bald nachher merkt; mehr als 300 mg auf den ganzen Tag vertheilt, lässt sich auch wohl bei der raffinirtesten Bereitung einem ·intelligenten Menschen, der an wohlschmeckende Kost gewöhnt ist, nicht in Speisen beibringen.

Bis zu welchem Grade der Kupferzusatz bei geistig tief stehenden Personen, Menschen mit ganz unentwickeltem Geschmacksinn u. s. f. getrieben werden kann, entzieht sich meiner Kenntnis.

Alle diese Aufstellungen berücksichtigen nur das unter gewöhnlichen Verhältnissen von der Nahrung activ aufgenommen und besonders das passiv aufgenommene oder verbrecherisch zugesetzte Kupfer. Wie sich die Möglichkeit der Zufuhr grosser Kupferdosen mittelst Nahrungsmitteln verhält, die selbst activ grosse Kupferdosen aufgenommen haben, soll in der nächsten Arbeit besonders besprochen werden, an der Hand des neuen interessanten Materials, das sich mir während des Druckes dieser Abhandlung darbot und mit dessem Studium ich gerade jetzt eifrig beschäftigt bin.

Studien über Mehl und Brot.

VIII. Ueber das Verschimmeln des Brotes.

Von

Dr. **Eugen Welte,**
z. Z. Assistent am hygienischen Institute

(Aus dem hygienischen Institut zu Würzburg.)

I. Biologische Studien über einige beim Verschimmeln des Brotes betheiligte Schimmelpilze.

Trotz der sehr zahlreichen Arbeiten auf dem Gebiete der Schimmelpilze, welche im Laufe der Jahre von den verschiedensten Forschern veröffentlicht worden sind, beschäftigen sich doch nur wenige mit der chemischen Wirkung des Schimmels auf seine Substrate, speciell auf die Nahrungsmittel; der weitaus grösste Theil der Literatur handelt von der Morphologie und Pathologie der Schimmelpilze, unbekümmert um ihre Stoffwechselprodukte. Und doch ist gerade dieses Kapitel nicht nur von wissenschaftlichem, sondern auch von praktisch hygienischem Interesse, indem eine sehr grosse Anzahl von Nahrungsmitteln durch Verschimmeln gelegentlich zu Grunde geht.

Eine wichtige Rolle spielt in dieser Hinsicht das Brot, und die Veränderungen, welche es durch Verschimmeln erleidet, sollen neben einigen anderen Bemerkungen zur Biologie der verwendeten Schimmelarten Gegenstand dieser Abhandlung sein.

Das Brot ist bekanntlich ein guter Nährboden für Schimmelpilze, insbesondere saures Brot. Es verschimmelt fast regelmässig, wenn man ein Stück einige Zeit der Luft aussetzt und es nachher an einem dunkeln, — die Schimmelpilze scheuen wie

fast alle anderen Pilze das Licht — feuchtwarmen und vor Luftzug geschützten Ort aufbewahrt.

Auf folgende Art gewann ich die für meine Versuche nöthigen Reinculturen. Ich brachte ein Stück an der Luft gestandenen Graubrotes in ein Conservenglas und stellte dasselbe im Halbdunkel auf. Bei Zimmertemperatur und mässig feuchter Luft überzog eine üppige Pilzflora in den verschiedensten Farben und Arten bald das ganze Stück. Ich isolirte davon verschiedene Arten, bearbeitete aber eingehend nur je einen Vertreter der Hauptgattungen Penicillium, Aspergillus und Mucor, und zwar Penicillium glaucum, Aspergillus nidulans und Mucor stolonifer. Leider sind die Angaben über den letzteren Pilz nur fragmentarisch geblieben, weil es mir trotz der grössten Sorgfalt nicht immer gelang, tadellose Reinculturen davon zu erhalten.

Die Isolirung der genannten Arten wurde durch das übliche Plattenverfahren mit angesäuertem Nährboden ausgeführt. Je 0,5 l nicht neutralisirten Agars und ebensolcher Gelatine versetzte ich mit 40 ccm Zwetschgendekoktbrühe, wovon 100 ccm zur Neutralisirung 12 cbm Normal-NaHO brauchten. Rechnen wir die natürliche Säure der Nährböden noch dazu, so kam, Phenolphthalëin als Indicator genommen, die Acidität von 100 ccm Agar 3 ccm Normalsäure gleich; die der Gelatine betrug 5 ccm Normalsäure. Auf diesen Substraten gediehen die Pilze vortrefflich mit starker Mycelbildung und reichlicher Fructifikation.

Das als Nährboden in den eigentlichen Versuchen benutzte Brot war fränkisches Graubrot. Sein Wassergehalt betrug durchschnittlich 44 %. 1 g Trockensubstanz enthielt nach sorgfältigster Bestimmung mit der Kjeldahl'schen Methode 21 mg N (= 13,125 % Eiweiss), die Kohlehydrate, das wenige Fett, die Salze und Aschenbestandtheile bildeten den Rest von 86,9 %. Die Acidität von 100 g der Trockensubstanz erforderte 7,4 cbm Normal-NaHO zur Neutralisirung. Für diese Versuche ist nicht die Acidität des frischen Brotes, sondern die der Trockensubstanz maassgebend, weil nur solche zu Culturen Verwendung fand. Die sehr einfache Zubereitung des Brotes für das Anlegen der Culturen war folgende:

Das getrocknete Brot wurde pulverisirt, zu je 20 g in hohe Petri'sche Schalen gefüllt, bis zur Sättigung mit H_2O befeuchtet und dann im Dampftopf sterilisirt.

Auf die Morphologie der verwendeten Arten näher einzugehen, dürfte eine überflüssige Mühe sein, angesichts der vortrefflichen Arbeiten, welche darüber vorhanden sind; das zur Orientirung Nöthige ist in jedem Lehrbuche der Bakteriologie zu finden. Nur die Temperatur-Verhältnisse und -Ansprüche der 3 Arten will ich näher berühren: Pen. glauc. und Muc. stolon. gedeihen am besten bei Zimmertemperatur, während Asp. nid. Körperwärme, (36—37 °) vorzieht. Diese Eigenschaft war für die projektirten Thierversuche besonders erwünscht.

Die für die Keimungsbedingungen der Sporen nöthigen Wärmegrade schwanken nach den darüber vorhandenen Versuchen innerhalb weiter Grenzen; Pen. glauc. ist z. B. bei einer Temperatur von 15—43 ° C. noch zu keimen im Stande, sein Optimum liegt aber bei 22 °. Bei den Aspergillen und Mucorineen ist indess der Keimung kein so weiter Spielraum gestattet; nach de Bary (Morph. und Biol. d. Pilze), dem vorstehende Zahlen entnommen sind, haben Mucorineen ihr Optimum bei Körpertemperatur, ebenso Aspergillus fumigatus.

Zur Orientirung über das Zustandekommen der Verschimmelung des Brotes mussten zunächst Versuche darüber angestellt werden, ob denn in Anbetracht der hohen Anforderungen der Pilze an den H_2O-Gehalt ihrer Nährböden der des Brotes hinreicht, um eine Schimmelvegetation aufkommen zu lassen, resp. wie tief die untere Feuchtigkeitsgrenze des Substrates sein darf, um das Wachsthum des Schimmels noch zu ermöglichen.

Das Gedeihen von Schimmelpilzen in äusserst verdünnten Nährlösungen ist eine längst bekannte Thatsache, Siebenmann (Die Schimmelmycosen des menschlichen Ohres) sah sogar Asp. niger in reinem Brunnenwasser keimen. Andererseits vermögen sich diese Pilze aber auch auf sehr concentrirten Nährböden noch recht gut zu entwickeln. Nach Flügge (Die Mikroorganismen, p. 414) soll eine völlige Hinderung der Schimmelbildung erst bei einem Wassergehalt von nur 10—12% eintreten;

bei gleichzeitigem Vorhandensein von Zucker jedoch schon bei 30 % (Die Mikroorganismen, 414).

Da ich bei 35 % H_2O sicheres Wachsthum annahm, begann meine Versuchsreihe bei 33 %.

Ich füllte Glaskölbchen mit wasserfreiem, pulverisirtem Brot, gab diesem durch Zusatz von H_2O einen Feuchtigkeitsgrad von 33 %, 28 %, 25 % und 20 % und suchte durch gründliches Umrühren eine möglichst gleichmässige Mischung herzustellen.

Mit einem Wattepfropf und zum Theil mit einer gut anliegenden Gummikappe, zum Theil mit Gummistöpsel verschlossen, blieben die mit Penicillium glaucum bepflanzten Culturen bei Zimmertemperatur in einem vor Sonnenlicht geschützten Schranke stehen, während die ebenso verschlossenen Kölbchen von Aspergillus nidulans in den Brutschrank gebracht wurden. Es ist kaum anzunehmen, dass bei dem guten Verschluss der Kölbchen eine das Wachsthum beeinflussende Wasserverdunstung stattfand. Mit Sicherheit kann sie bei Pen. glauc. ausgeschlossen werden; bei Asperg. nid. wirkte zwar die höhere Temperatur nachtheilig, aber auch hier ist eine nennenswerthe Verdunstung kaum möglich.

Penicillium glaucum wächst bei:

33 %	Wassergehalt	nach	4 Tagen	sehr schön,
28 %	»	»	5 »	deutlich,
25 % u. 20 %	»	»	6 »	und länger nicht mehr.

Für Aspergillus nidulans begann ich die Versuchsreihe bei 28 % mit genau demselben Ergebnis, bei 28 % noch deutliches Wachsthum nach 5 Tagen, bei 25 % nach 6 Tagen und länger keine Schimmelbildung. Alle diese Versuche sind ohne abweichende Resultate mehrmals wiederholt worden und stimmen im Wesentlichen auch mit folgendem Experiment überein:

Aus lufttrockenem, in den Ritzen und Spalten der Krume total mit Pen. glauc. verschimmeltem Brot entnahm ich einige der Rinde nahe gelegene Stellen, deren Schimmelvegetation in äusserst schwacher Weiterentwickelung oder vollkommen im Stillstand zu sein schien, und bestimmte ihren Wassergehalt. Die Vegetationen der ersten Probe boten noch ein etwas frischeres

Aussehen als die der zweiten. Sie hatten wenigstens noch ein mässiges Luftmycel mit einigen Fruchthyphen, wenngleich selbst nur von langsamen Wachsthumsfortschritten nichts zu constatiren war. Bei der zweiten Probe war kein Mycel und keine Fruchthyphe mehr zu erkennen, nur ein vertrockneter gelbgrüner Sporenbelag bedeckte das Substrat massenhaft. Der H_2O-Gehalt von Probe 1 betrug 20,4 %, der von Probe 2 18,0 %.

Von beiden Proben wurden Stückchen mit glatter Schnittfläche, so dass ein Fortschreiten des Wachsthums leicht zu erkennen war, auf Untersätzen in hohe Petri'sche Schalen gebracht, deren Boden mit H_2O bedeckt war. In dieser H_2O-haltigen Atmosphäre trat bei beiden Stückchen ein Fortschreiten des Wachsthums ein, sofort bei Probe 1, erst nach einigen Tagen bei Probe 2. Wieder vorgenommene H_2O-Bestimmungen ergaben eine bedeutende Wasseraufnahme — Probe 1 enthielt 30 %, Probe 2 sogar 38 % — und dadurch Wiederbelebung der augenscheinlich stillgestandenen Vegetationen. Es müssen offenbar die Schimmelwucherungen in der Krume zu einer Zeit begonnen haben, wo dieselbe noch über 30 % H_2O enthielt, um eine Ausdehnung zu erreichen, wie sie hier und in vielen äusserlich guten Broten mitunter angetroffen wurde.

Die gefundenen Zahlen ermöglichen, verglichen mit dem gewöhnlichen Wassergehalt der Brotkrumen, der nach Fehling für Weissbrot 45 % und für Schwarzbrot 48 % beträgt (K. B. Lehmann, D. Meth. d. prakt. Hyg. S. 382), ein Wachsthum auf fast allen Broten, Zwieback ausgenommen.

Dass die Lebensbedingungen, besonders hinsichtlich der Raschheit des Wachsthums, um so günstiger sind, je höher der Wassergehalt ist, geht aus diesen Versuchen deutlich hervor; auch die praktische Erfahrung zeigt zur Genüge, dass z. B. Semmel mit einem Wassergehalt von 28,0 % (König, K. B. Lehmann, D. Meth. d. prakt. Hyg. S. 382) viel seltener verschimmeln, als schlecht gebackenes Schwarzbrot mit 50 % Wasser. So finden wir die Brotkrume in den meisten Fällen zum Verschimmeln geeignet, und verstehen leicht, warum bei grossen Laiben mit etwas rissiger Kruste die Schimmelbildung meist in der Mitte,

dem feuchtesten und vor Licht geschütztesten Theile, beginnt und langsam nach Aussen weiterschreitet.

In unserem Institute kamen uns russische Brote zu Gesicht, an denen äusserlich nicht das Mindeste von Verschimmelung zu bemerken war, die aber in der Mitte ihrer Krume massenhafte Schimmelvegetationen bargen.

Von grösster Wichtigkeit ist nun die Frage, aus was für Keimen diese Vegetationen entstanden sind, d. h. ist das Brot verschimmelt, weil die Keimfähigkeit der im Mehl und Teig vorhandenen Sporen die Backhitze überdauert hat, oder sind solche Keime am Verschimmeln schuld, welche die Luft erst nach dem Backen von Aussen in die Krume führte?

Bevor die eigentlichen Experimente (Backversuche) näher geschildert werden, mögen einige Angaben über die Widerstandsfähigkeit der Schimmelsporen aus der Literatur (zusammengestellt in de Bary, Morph. u. Biol. d. P.) zweckmässig Wiedergabe finden. Nach Nägeli und Pasteur vermögen trockene Sporen von Pen. glauc. eine Temperatur von 100° und darüber noch zu ertragen, gehen aber bei 127—130° rasch zu Grunde. In Flüssigkeiten suspendirt, überdauern sie aber niemals die Siedetemperatur des Wassers. Nach Versuchen, die im Sachs-schen Laboratorium ausgeführt wurden, verlieren Sporen von Pen. glauc. und Mucor stolonifer die Keimfähigkeit, wenn man sie 1—2 Stunden einer Temperatur von 82—84° in trockener Luft aussetzt, in Flüssigkeiten dagegen schon bei 51—55° Wärme. Das Absterben der Sporen im Brot ist nun durch die Anwesenheit von Wasser begünstigt und die Backofentemperatur ist ebenso wie diejenige im Innern des Brotlaibes erheblich höher, als es nach den Sachs'schen Angaben zum Tödten der Sporen erforderlich wäre. Nach Messungen in einer hiesigen Bäckerei beträgt die Backofenhitze bei Beschickung des Ofens mit dem Brote durchschnittlich 300° C. und bei Entnahme desselben noch 200—190° C., die Temperatur im Innern eines Brotlaibes von 3 ℔ aber nach wiederholt vorgenommenen Untersuchungen 100° C. Da die Brote 1½ bis 2 St. im Ofen bleiben, so sind nach vorstehenden Versuchen die Bedingungen für das Zugrundegehen der Sporen zur Genüge erfüllt.

Wie ich nachträglich aus einem Flugblatt von J. Lawrence-Hamilton M. R. C. S., betitelt »Bacteria in British baked Breads«, erfuhr, haben die französischen Forscher Dr. Balland und Masson im Februar 1894 Untersuchungen über die Temperatur der Brote in französischen Militärbäckereien veröffentlicht und sind zu den gleichen Resultaten wie ich gelangt: Französisches Soldatenbrot hatte im Innern eine Temperatur von 100° C., Bisquits sogar von 113° C. Beide Brotsorten zeigten sich bei der Untersuchung vollkommen steril. Ganz im Gegensatz zu diesen und meinen eigenen Ergebnissen fand ein anderer französischer Autor, Dr. Henry Luys, für die Brotkrume, besondere Brotsorten ausgenommen, niemals eine höhere Temperatur als 70° C. Sollte dieses merkwürdige Resultat einer richtigen Beobachtung entsprechen, so würde diese Hitze natürlich nicht genügen, alle Keime zu zerstören, müsste aber dennoch hinreichend sein, um die Sporen von Pen. glauc. und Mucor stolonifer zu vernichten, nach den im Sachs'schen Laboratorium ausgeführten Versuchen.

Es wäre also nach diesen Erwägungen anzunehmen, dass die Schimmelporen im Backofen vernichtet werden, und meine Versuche haben dies vollkommen bestätigt.

Ich liess je ein Semmelbrötchen, in dessen Mitte ich etwa je 1,0 g in Filtrirpapier eingewickelte Sporen von Penicillium glaucum, Aspergillus nidulans und Mucor stolonifer brachte, im gewöhnlichen Backofen mit anderen Broten backen. Nach Entnahme aus dem Ofen legte ich auf oben beschriebenem, mit Zwetschenbrühe angesäuertem Agar Aussaaten aus den drei Broten mit immer negativem Erfolge an. Auch das Verhalten in 3 ℔ schweren Schwarzbrotlaiben war das gleiche. In gleicher Weise wie bei den Semmelbrötchen wurden in diese Laibe Sporen von Penicillium glaucum und Aspergillus nidulans gebracht und die Laibe mit dem gewöhnlichen Brot gebacken. Aber auch bei diesen grossen Broten konnte ich keine aufgehenden Kolonien mehr erhalten. Nun versuchte ich in einer kurz vorher von Schimmelmykose heimgesuchten Bäckerei bereitetes, vor kurzem aus dem Ofen entnommenes, in der Mitte noch 74° warmes,

nicht künstlich inficirtes Brot zum Verschimmeln zu bringen. Der Laib wurde mit sterilem Messer zerschnitten und Mittelstücke der Krume in zwei vorher durch Sublimat und Ausbrennen mit Spiritus sterilisirte Kammern gelegt. Das Brotstück der einen Kammer wurde mit H_2O, das 10 Minuten gekocht hatte, befeuchtet, das andere behielt nur seinen natürlichen Wassergehalt. Die beiden Kammern wurden in einem ca. 20° C. warmen, dunklen Schranke 8 Tage aufbewahrt, ohne dass auch nur ein einziger Keim aufgegangen wäre.

Aus diesen Versuchen geht mit Sicherheit hervor, dass alle Verschimmelungen der Brote mit den von mir untersuchten Pilzen auf einer Infection von Aussen beruhen, vorausgesetzt, dass das Ausbacken gleichmässig und in genügender Weise erfolgt.

II. Einfluss des Verschimmelns auf die chemische Zusammensetzung des Brotes.

Bei Untersuchungen über die chemischen Veränderungen des Brotes durch Verschimmeln müssen Eiweiss und Kohlehydrate in doppelter Hinsicht in den Vordergrund treten, einmal weil sie ausser Wasser die Hauptbestandtheile des Brotes bilden, und dann, weil sie die eigentlichen Nährstoffe desselben sind.

Das bei den Versuchen verwendete Brot enthielt in Kürze wiederholt 13% Eiweiss und rund 86,9% Kohlehydrate. Zur Bestimmung des Eiweisses, resp. des N bediente ich mich auch hier wieder der Kjeldahl'schen Methode und bestimmte zunächst das quantitative Verhalten des N in je 1 g verschimmelten und unverschimmelten Brotes. 1 g unverschimmelter Trockensubstanz enthielt nach mehreren Bestimmungen 21 mg N = 13,125 % Eiweiss. Je ein solches Gramm sättigte ich in einem Kjeldahl'schen Kölbchen mit H_2O, und bepflanzte es nach vorherigem Sterilisiren mit Pen. glauc., Asperg. nid. und Muc. stol. Sämmtliche Culturen liess ich durch und durch verschimmeln und bestimmte dann ihren N-Gehalt mit folgenden Resultaten:

Penicillium glaucum (Versuch zweimal identisch angestellt:

1 g war in 10 Tagen völlig verschimmelt 21 mg N,

Aspergillus nidulans:

1 g war in 14 Tagen völlig verschimmelt 20,72 mg N,

1 g » » 42 » » » 21,0 mg N.

Mucor stolonifer:

1 g war in 42 Tagen völlig verschimmelt 20,5 mg N.

Nach diesen gut übereinstimmenden Versuchen erleidet also der N-Gehalt des Brotes durch Verschimmeln keinen Eintrag, die 21 mg N des unverschimmelten Brotes sind auch beim Verschimmeln erhalten geblieben. Denn die kleinen Differenzen bei Asp. nid. und Muc. stol. dürften in die Genauigkeitsgrenze eines Versuches fallen und können schon deshalb nicht von ausschlaggebender Bedeutung sein, weil eine gleiche, dreimal so lange verschimmelte Probe von Asp. nid. ihren N-Gehalt völlig beibehielt.

Dr. Hebebrand[1]) in Marburg hat ungefähr gleichzeitig mit mir ohne mein Wissen ähnliche Untersuchungen über Schimmelpilze angestellt und gezeigt, dass der Proteïngehalt des Brotes mit der Dauer der Schimmelvegetation sogar steigt. Er gibt für Proteïn und Zeit der Verschimmelung z. B. folgende Zahlen an:

Frisches Brot	7 Tage verschimmelt	14 Tage verschimmelt
11,29 %	12,9 %	14,55 %.

Seine scheinbar von meinen abweichenden Resultate sind darauf zurückzuführen, dass er die Angaben auf 1 g verschimmelte und ich 1 g unverschimmelte Trockensubstanz bezog. Wie unten gezeigt wird, gehen durch das Verschimmeln Kohlehydrate verloren, während, wie soeben bewiesen, der N erhalten bleibt. In 1 g verschimmelter Trockensubstanz ist also nicht der N von 1 g unverschimmelter Trockensubstanz, sondern der einer grösseren Menge der letzteren enthalten. Die steigende Proteïnzunahme erklärt sich somit aus dem steigenden Verlust an Kohlehydraten und dem Uebrigbleiben der N-Verbindungen.

1) Hebebrand, Ueber die Veränderungen des Brotes beim Schimmeln. Hygienische Rundschau 1892. 15. Dec. p 1057 Vorläufig mitgetheilt von Prof. Dietrich. Bericht über die XI. Versammlung bayer. Chemiker in Regensburg. August 1892.

Zur allgemeinen Orientirung über das qualitative Verhalten der Eiweisskörper stellte ich zunächst Untersuchungen von H_2O-Auszügen aus unverschimmeltem und verschimmeltem Brote an. Als leitendes Motiv diente mir hiebei die verschiedene Löslichkeit der Eiweisskörper in H_2O, worin Albumin nur in Spuren, Albumosen und Pepton aber vollkommen löslich sind.

Der Nachweis von Albumin war mit den gewöhnlichen Reagentien leicht zu führen. Der Biuretraction dagegen kann hier nicht ihr voller Werth beigemessen werden, weil die braungelbe Färbung der Auszüge aus verschimmeltem Brot ein deutliches Erkennen der Violettfärbung sehr erschwerte. Um die Peptonreaction mit Tannin einwandsfrei zu erhalten, entfernte ich Eiweiss und Albumosen durch Fällen mit Ammoniumsulfat. Nach dem Abfiltriren derselben wurde die Schwefelsäure durch Baryumhydroxyd gebunden und nach abermaligem Filtriren das Ammoniak durch Kochen aus dem Filtrate ausgetrieben. Einleiten von Kohlensäure fällte die noch etwa vorhandenen Spuren von Baryumhydroxyd, nach deren Abfiltriren und Einengen des Filtrates die Flüssigkeit zur Peptonreaction fertiggestellt war.

Die Auszüge aus den Broten stellte ich in folgender Weise dar:

Mit 300 cbcm H_2O wurden durch allmähliches Aufgiessen je 20 g trockenes Brot ausgezogen, theils unverschimmelt, theils mit nachstehenden Arten bepflanzt und vollständig durchwachsen. Die Auszüge wurden unter vermindertem Druck bis zur Klarheit filtrirt. Sämmtliche Brote, auch das nicht verschimmelte, hatten die oben angegebene Behandlungsweise erfahren und ergaben in ihren Auszügen die in nachstehender Tabelle verzeichneten Resultate.

	Reactionen des H_2O-Auszuges				Reaction des Filtrates des $(NH_4)_2SO_4$-Niederschlags	
	HNO_3	Essigsäure und Ferrocyankali	Tannin	$(NH_4)_2SO_4$	Biuret	Tannin
Penic. glauc. . . .	0	schwach	sehr stark	deutlich	0	0
Asperg. nidulans . .	schwach	schwach	stark	schwach	0	0
Mucor stolonifer . .	0	0	stark	deutlich	0	0
Unverschimmeltes Brot	0	0	stark	schwach	0	0

Aus den Angaben der Tabelle ist ersichtlich, dass bei der qualitativen Untersuchung der Auszüge keine bedeutenden Unterschiede zwischen unverschimmeltem und verschimmeltem Brot zu finden sind.

Nur ein Ergebnis ist von besonderer Wichtigkeit, die Peptonreactionen fielen überall negativ aus, d. h. wenn das Eiweissmolekül überhaupt durch die Verschimmelung angegriffen wird, kommt es doch nicht zur Peptonbildung, oder wenn solche eintritt, so zerfallen die Peptone sofort wieder in andere Stickstoffverbindungen.

Dass eine Spaltung des Eiweissmoleküls in N-Verbindungen, die in H_2O löslich sind, vor sich gehen muss, beweist neben dem bitteren, genau den Albumosen und Peptonen eigenen Geschmack des verschimmelten Brotes folgende quantitative Analyse aus den erwähnten wässerigen Brotauszügen.

100 ccm, der dritte Theil des Auszuges, aus gleichen Quantitäten unverschimmelten und mit Pen. glauc. und Asp. nid. verschimmelten Brotes wurden so stark als möglich eingeengt und auf ihren N-Gehalt untersucht. Die hiezu verwendeten Culturen von Pen. glauc. hatten eine breiige Consistenz angenommen, die von Asp. nid. waren ganz und gar durchwachsen und feucht. Das unverschimmelte Brot erfuhr dieselbe Vorbereitung und Sterilisirung, wie das verschimmelte.

			mg N
I.	100	ccm Auszug unverschimmelten Brotes enthielten	80,5
II.	100	» » » » »	87,5
I.	100	» » m. Pen. glauc. verschimm. Brotes enth.	232,75
II.	100	» » » » » » » »	239,85
I.	100	» Asp. nid. verschimm. Brotes	306,25
II.	100	» » » » » (etwas verloren)	287,75

Hiernach fand sich in den Auszügen aus mit Pen. glauc. verschimmeltem Brot dreimal so viel N als in denjenigen aus unverschimmeltem Brot, und in den Auszügen aus Asp. nid. beinahe die vierfache Menge. Was für N-haltige Körper hiebei in Lösung gegangen sind, habe ich nicht ermittelt, und auch in der Literatur konnte ich hierüber wenig Aufschluss

erhalten. Professor Dietrich (a. a. O.) constatirt, dass die N-haltigen Bestandtheile des Brotes durch das Verschimmeln »zu einem beträchtlichen Theil zu Amiden (d. h. durch $Cu(OH_2)$ nicht fällbare Substanzen)« werden, und bei Hebebrand findet sich die kurze Angabe: Amide im frischen Brot 0,7, im verschimmelten 1,5%.

Bildung von NH_3 war nach den bisherigen Resultaten, wo der N trotz der Spaltung des Eiweissmoleküls in seiner Quantität erhalten blieb, nicht zu erwarten; meine Versuche bestätigten meine Erwartung durchaus.

Es enthielten nämlich:

20 g unverschimmeltes Brot	I.	6,8	mg	NH_3
	II.	10,2	»	NH_3
20 g mit Pen. glauc. verschimmelt	I.	10,2	»	NH_3
	II.	5,1	»	NH_3
20 g mit Asp. nidulans	I.	5,1	»	NH_3
	II.	3,4	»	NH_3

Die Versuche wurden nach der Methode von Schlösing durch Austreiben des NH_3 mit $Ca(OH)_2$ im Exsiccator und Auffangen desselben in Normalschwefelsäure ausgeführt. Die mit $Ca(OH)_2$ vermischten Culturen standen je 10 Tage im Exsiccator.

So wenig die gefundenen Zahlen unter sich übereinstimmen, so geht doch daraus hervor, dass der NH_3-Gehalt des verschimmelten Brotes keinesfalls höher ist, als der des nicht verschimmelten, dass also NH_3-Bildung durch Verschimmeln mit Pen. glauc. und Asp. nid. ausgeschlossen werden kann.

Von anderen N-haltigen Verbindungen wurden als etwaige Producte der Schimmelpilze noch HNO_3 und HNO_2 berücksichtigt: Prüfung der H_2O-Auszüge mit Jodzinkstärke ergab für NHO_2 ein völlig negatives Resultat bei allen drei verwendeten Schimmelarten. Bei Asp. nid. trat mit Diphenylamin und Brucin nach einigen Secunden NHO_3-Reaction ein, Muc. stol. und Pen. glauc. dagegen verhielten sich auch hier negativ.

Hat sich in den vorstehend beschriebenen Versuchen der N-Gehalt des Brotes in seiner Quantität beim Verschimmeln

vollkommen erhalten, so bieten die Untersuchungen über das Verhalten der Kohlehydrate ein ganz anderes Bild.

Auffallend in hohem Grade und schon lange bekannt ist die rasch auftretende und sehr weit gehende Gewichtsabnahme. Ohne den Verlust an Trockensubstanz näher zu untersuchen, weist schon Rochard (An. d'hyg. 2. Serie Bd. 40) auf die erhebliche Gewichtsverminderung hin, welche das Brod durch Verschimmeln erfährt.

Ich prüfte die Frage experimentell und verfuhr dabei wie folgt:

Nachdem ich 10—20 g pulverisirter Trockensubstanz bis zur Sättigung mit H_2O befeuchtet hatte, sterilisirte ich sie und bepflanzte sie mit Reinculturen der nachbenannten Arten. Nach einiger Zeit üppigen Wachsthums wiederholte ich die Bestimmung der Trockensubstanz und erhielt so das Gewicht des Brotrestes + den darauf gewachsenen Schimmelvegetationen.

Wie sich a priori einsehen lässt, hängt der Substanzverlust lediglich von der Grösse und Raschheit der Schimmelvegetation ab. Da aber selbstverständlich zwei gleichzeitig und unter den gleichen Bedingungen angelegte Kulturen trotz der gleichen Aufbewahrungsverhältnisse oft sehr verschieden wachsen, wird man keine zu grossen Anforderungen an Uebereinstimmung von Probe und Controlprobe stellen dürfen. Ich fand bei meinen Versuchen in Controlproben Differenzen bis zu 11%, die sich lediglich durch verschiedenes Wachsthum erklären.

Penicillium glaucum:

13,5 g	Trockensubst.	wiegen	nach	16 täg.	Verschimmeln	6,45 g,	also	51,14 %	Verl.
13,5 g	»	»	»	16 »	»	7,8 g	»	42,2 %	»
10,0 g	»	»	»	14 »	»	5,7 g	»	43,0 %	»
10,0 »	»	»	»	14 »	»	4,6 g	»	54,0 %	»

Aspergillus nidulans:

20,0 g	Trockensubst.	wiegen	n.	26 täg.	Verschimmeln	6,665 g,	also	66,675 %	Verl.
20,0	»	»	»	56 »	»	6,915 g	»	65,425%	»

Vorstehende Zahlen beweisen, dass die Schimmelpilze bei genügend raschem Wachsthum mehr als die Hälfte der Trockensubstanz des Brotes in kürzester Zeit aufzuzehren vermögen.

Hebebrand stellte (l. cit.) auch hierüber Versuche an mit denselben Resultaten wie ich. Er fand bei rapider Verschimmelung in 14 Tagen einen Substanzverlust von 53,4%; bei mässiger Vegetation, die durch verminderten Wassergehalt und geringe Bestäubung des Brotes mit Schimmelsporen herbeizuführen versucht wurde, jedoch nur 22,67 und 34,27% Verlust der Trockensubstanz. Man durfte an der Hand solcher Verluste mit Sicherheit annehmen, dass der bedeutendste Antheil hievon den Kohlehydraten zufalle. Denn die chemische Zusammensetzung der Trockensubstanz ist derart, dass sie nur Kohlehydrate in einem solchen Procentsatze (86,9%) enthält, der eine Abnahme von z. B. 66,67% des Gesammttrockengewichtes ermöglicht. Die 13% Eiweiss der Trockensubstanz bleiben erhalten und die übrigen Bestandtheile sind in so geringen Mengen vorhanden, dass sie hier nicht von Bedeutung sein können.

Qualitativ lässt sich die Abnahme der Kohlehydrate leicht nachweisen. Untersucht man eine Probe der oben besprochenen H_2O-Auszüge aus unverschimmeltem und verschimmeltem Brot auf Zucker, so erhält man in demjenigen aus unverschimmeltem Brot sehr schöne Zuckerreactionen, während die Auszüge des verschimmelten Brotes immer einen negativen Ausfall der Probe zeigen. Der Zucker ist also durch das Verschimmeln verschwunden. Aber die Zuckermengen, welche im Brote vorhanden sind, reichen keinesfalls aus, den so erheblichen Gewichtsverlust des Substrates zu erklären. Es müssen vielmehr noch andere Bestandtheile des Brotes angegriffen werden und aus den schon erläuterten Gründen kann es sich nur um das im Brot in so grossen Mengen vorhandene Kohlehydrat, die Stärke, handeln.

Directe Stärkebestimmungen des Brotes vor und nach dem Verschimmeln führte ich nicht aus. Ich benützte vielmehr ein Endproduct der Stärkezersetzung, die Bildung von CO_2, zu einem Rückschluss auf die Intensität des Zersetzungsprocesses.

Die Bildung von CO_2 durch Schimmelpilze (namentlich Mucorineen und Aspergillen) ist eine bekannte Thatsache; doch scheint mir die Quantität der gebildeten CO_2 bedeutend unterschätzt worden zu sein. Siebenmann macht z. B. (siehe die

Schimmelykosen d. menschl. Ohres, S. 25) folgende Angabe: »Was die gasförmigen Producte der Aspergillen anlangt, so kennt man von diesen bloss Kohlensäure: Ein langer, feuchter, blauer Lacmusstreifen in ein Reagenzgläschen mit einer mehrere Centimeter hohen, üppigen Cultur (auf Brot) eingeschlossen, zeigte indessen, selbst nach 24 Stunden, noch keine Spur von Röthung; die Luft hatte offenbar keinen sehr hohen Gehalt an CO_2.« Dieser etwas primitive Versuch wurde von mir nicht nachgemacht; er wäre auch für meine Absichten ganz bedeutungslos gewesen. Ich arbeitete nach der Pettenkofer'schen Methode und führte so eine Reihe von CO_2-Bestimmungen in Schimmelculturen aus:

Die von einem Aspirator angesogene Luft durchstrich zuerst ein Kölbchen mit 50% Natronlauge und wurde dort von CO_2 befreit. Um die etwa noch vorhandene CO_2 zu erkennen, passirte sie dann eine mit Barytwasser gefüllte Pettenkofer'sche Röhre und gelangte von da in das Kölbchen mit der Cultur. Hier riss der Luftstrom die gebildete CO_2 mit und schied sie beim Passiren zweier folgender Barytwasserröhren als kohlensaures Baryum in weissen Niederschlägen wieder aus. Mit dem Verlassen der sich meist nur schwach trübenden letzten Pettenkofer'schen Röhre war der Luftstrom wieder CO_2-frei im Aspirator angelangt. Bei tadellos functionirendem Apparate erhielt ich durch Titrieren des Barytwassers mit Oxalsäure folgende Resultate:

Penicillium glaucum:

A) 10 g Trockensubstanz wurden in einem Kölbchen mit H_2O hinreichend befeuchtet und dann mit Pen. glauc. inficirt. Nach 8 Tagen war ein sichtbares Wachsthum eingetreten und gaben die am 9. Tage beginnenden CO_2-Bestimmungen folgende Resultate:

I. Cultur, 9 Tage alt, in 1 Stunde 11,25 ccm = 22,23 mg CO_2
$T = 18^\circ$ C.

II. Cultur, 13 Tage alt, in 1 Stunde 7,0 ccm = 13,739 mg CO_2
$T = 17^\circ$ C.

III. Cultur, 14 Tage alt, in 1 Stunde 12,0 ccm = 23,427 mg CO_2
T = 20° C.

IV. Cultur, 15 Tage alt, in 1 Stunde 13,5 ccm = 25,67 mg CO_2
T = 19° C.

V. Cultur, 16 Tage alt, in 1 Stunde 14,5 ccm = 27,66 mg CO_2
T = 18,2° C.

VI. Cultur, 18 Tage alt, in 1 Stunde 18,37 ccm = 36,31 mg CO_2
T = 18,9° C.

VII. Cultur, 20 Tage alt, in 1 Stunde 30,9 ccm = 61,08 mg CO_2
T = 18,5° C.

B) 20 g Trockensubstanz zu Anfang des Versuches zur Hälfte verschimmelt:

Die Temperatur betrug an den Versuchstagen durchschnittlich 18° C.

I. Cultur, 18 Tage alt, liefert in ½ Stunde 18,75 ccm = 37,068 mg CO_2, 74,136 mg CO_2 pro Stunde

II. Cultur, 19 Tage alt, liefert in ¼ Stunde 10,5 ccm = 20,758 mg CO_2, 83,032 mg CO_2 pro Stunde

III. Cultur, 26 Tage alt, liefert in ¼ Stunde 10,35 ccm = 20,461 mg CO_2, 81,844 mg CO_2 pro Stunde

IV. Cultur, 31 Tage alt, liefert in ¼ Stunde 12,5 ccm = 23,712 mg CO_2, 94,848 mg CO_2 pro Stunde

In dem zwischen dem I. und III. Versuch liegenden 7. Tage war die Cultur kaum sichtbar gewachsen.

Aspergillus nidulans:

20 g Trockensubstanz zu Anfang des Versuches halb verschimmelt:

Die Temperatur betrug an den Versuchstagen durchschnittlich 18° C.

I. Cultur, 16 Tage alt, liefert in ½ Stunde 9,45 ccm = 18,682 mg CO_2, 37,364 mg CO_2 pro Stunde

II. Cultur, 16 Tage alt, liefert in ½ Stunde 9,7 ccm = 19,163 mg CO_2, 38,326 mg CO_2 pro Stunde

III. Cultur, 26 Tage alt, liefert in ½ Stunde 13,5 ccm = 26,679 mg CO_2, 53,378 mg CO_2 pro Stunde

IV. Cultur, 31 Tage alt, liefert in ½ Stunde 14,25 ccm = 28,172 mg CO_2, 56,344 mg CO_2 pro Stunde.

Danach würden von Pen. glauc. in der zweiten, in voller Entwickelung stehenden Cultur durchschnittlich in ¼ Stunde 20,5 mg, stündlich 82,0 und täglich 1968 mg CO_2 gebildet. Beinahe um die Hälfte niedere Resultate ergaben sich bei Asp. nid., die analogen Werthe sind hier 11,6, 46,4, 1113,6 mg CO_2.

Diese Zahlen erläutern zur Genüge, dass die CO_2-Production viel bedeutender ist als Siebenmann annahm. Sie reicht nicht nur vollkommen aus, um die Gewichtsverluste zu erklären, sondern würde vielmehr noch eine viel intensivere Gewichtsabnahme des Substrates fordern, wenn die Ausbreitung der Culturen nicht eine relativ langsame und allmähliche wäre. Wie rasch das Wachsthum der Schimmelpilze fortschreitet, sind die Zahlen der Kohlensäureproduction in gewisser Hinsicht zu demonstriren wohl geeignet. Sie müssen im Verhältnis der Vegetationszunahme steigen, und lassen sich, wenn die Zwischenräume zwischen den einzelnen CO_2-Bestimmungen nur genügend gross sind, auch annähernd durch den sichtbaren Fortschritt der Culturen controliren.

Hiebei verweise ich besonders auf die erste der von mir mitgeteilten Versuchsreihen bei Pen. glauc. Wir sehen dort die CO_2-Bildung innerhalb 12 Tagen um das Dreifache sich vermehren und können — eine mir nicht erklärliche Ausnahme, den zweiten Versuchstag abgerechnet, — ein beständiges, in den ersten Tagen langsamer, in den letzten Versuchen aber rapid fortschreitendes Wachsthum der Cultur constatiren. Mässige Temperaturunterschiede scheinen keinen besonderen Einfluss auf das Fortschreiten des Wachsthums auszuüben. Die im Winter bei einer Nachttemperatur von durchschnittlich + 10° und einer Tagestemperatur von durchschnittlich + 17—18° C. aufbewahrte Cultur der ersten Versuchsreihe lieferte am 18. Tage nur 2 mg CO_2 weniger als die im Sommer bei einer durchschnittlichen Tag- und Nachttemperatur von 18° C. gezüchtete Cultur der zweiten Versuchsreihe.

Es scheint verlockend, aus der Menge der gebildeten CO_2 das Gewicht der consumirten Kohlehydrate zu berechnen. Ich will es an dieser Stelle unterlassen, weil man, wenn auch über die Quelle des C der CO_2 kein Zweifel sein kann, doch darüber nicht absolut sicher ist, woher die zwei Atome O der CO_2 stammen.

Da, wie Siebenmann (siehe »Die Schimmelp. d. menschl. Ohres, S. 24) schreibt, verschiedene Fadenpilze bei ungenügender Luftzufuhr auf zuckerhaltigem Nährboden die Rolle von Hefepilzen zu übernehmen vermögen, Zucker in Alkohol und Essig überzuführen, und nach de Bary eine Anzahl Mucorineen Zucker »ziemlich energisch« vergähren, versuchte ich von den vielleicht zu erwartenden flüssigen Zersetzungsproducten der Kohlehydrate des Brotes den Nachweis von Alkohol bei den von mir verwendeten Arten.

Zu diesem Zweck zog ich alte durch und durch verschimmelte, zum Theil breiig gewordene Culturen mit Wasser aus, destillirte auf dem Asbestteller und behandelte das wässerige Destillat unter geringem Erwärmen mit Kalilauge und Jodkalium, um bei Anwesenheit von Alkohol diesen mit Jod zu Jodoform zu vereinigen. Bei positivem Ausfall des Versuches lassen sich neben dem deutlichen Jodoformgeruch die Jodoformkrystalle sehr leicht mikroskopisch nachweisen. Nach dieser Methode erhielt ich von Pen. glauc. negative Resultate, während Asp. nidulans prachtvolle Jodoformkrystalle zeigte.

Da durch O-Abschluss die Alkohol- und CO_2-Bildung der Pilze günstig beeinflusst werden soll (Flügge, Die Mikroorganismen, S. 478), so versuchte ich Pen. glauc. in einer Wasserstoff-Atmosphäre auf Zuckerbouillon zu cultiviren und in der Nährlösung mit obiger Reaction Alkohol nachzuweisen. Trotz eines prächtigen Wachsthums mit dicker Hautbildung auf der Oberfläche der Bouillon gelang es mir auch so nicht, ein positives Resultat zn erhalten.

Ueber das Verhalten der Acidität des Brotes beim Verschimmeln stellte ich eine Reihe von titrimetrischen Bestimmungen an. Aber trotz der grössten Sorgfalt beim Titriren mit

Lackmus und Phenolphthaleïn war es mir nicht möglich, wegen der äusserst schwankenden und ungleichmässigen Resultate irgend welche sichere Schlüsse aus den Untersuchungen ziehen zu können.

Fassen wir am Ende des Abschnittes die Resultate der chemischen Untersuchungen des mit Pen. glauc. und Asp. nid. verschimmelten Brotes kurz zusammen, so erhalten wir für diese Arten folgendes Ergebnis:

1. Der N-Gehalt des Brotes erfährt durch das Verschimmeln quantitativ keine Veränderung.

2. Das Eiweissmolekül wird theilweise zu in Wasser lösliche N-Verbindungen gespalten, nach Hebebrand Amiden.

3. Peptone werden durch das Verschimmeln des Brotes nicht gebildet.

4. Ebenso ist NH_3- und NHO_2-Bildung ausgeschlossen, während HNO_3-Bildung bei Asp. nid. nachgewiesen ist.

5. Das Verschimmeln des Brodes führt zu einer bedeutenden Zersetzung der Kohlehydrate und Bildung von CO_2, wodurch eine erhebliche Gewichtsabnahme bedingt wird.

6. Die Bildung von Alkohol ist nur bei Asp. nid. nachgewiesen, aber nicht bei Pen. glauc.

Es wird also die chemische Zusammensetzung des Brotes durch das Verschimmeln qualitativ und quantitativ erheblich beeinträchtigt, und schon wegen Veränderung seiner eigentlichen Nährstoffe, des Eiweisses und der Kohlehydrate, ist verschimmeltes Brot als ein minderwerthiges Nahrungsmittel zu betrachten. Wie sich der Organismus dem Genusse dieses Brotes gegenüber verhält, soll der nächste Abschnitt zeigen.

III. Ueber die Wirkung des Genusses von Schimmelculturen auf Mensch und Thier.

Eine meines Wissens bisher noch sehr wenig erforschte Frage ist die, ob die Schimmelpilze und ihre Stoffwechselprodukte, in grösseren Mengen mit der Nahrung aufgenommen, gesundheitsschädliche Wirkungen äussern. Alle bisher angestellten Versuche beziehen sich fast ausschliesslich auf die Wirkung von Sporen-

injectionen in den Kreislauf, und sind somit nur von geringem praktisch-hygienischem Interesse; an dieser Stelle kann sowohl deshalb als auch besonders wegen ihrer allgemeinen Bekanntheit eine nähere Erörterung dieser Arbeiten erspart bleiben. Auch über die Erkrankungen einzelner Organe an Schimmelmykose sind zum Theil recht gründliche Arbeiten erschienen, z. B. von Siebenmann über die Schimmelpilze des Ohres, von Leber über die der Verschimmelung der Cornea, von Schütz über die Respirationswege der Vögel u. a. m., Arbeiten, die hier nur eine Erwähnung, nicht aber eine genauere Beachtung finden können.

Rochard, Robertson und Husemann (Referat a. d. pharmac. Zeitschr. für Russland 572 in den Jahresberichten für Pharmakologie etc. 1866) veröffentlichen dagegen Fälle, in welchen dem Genuss verschimmelten Brotes erhebliche Gesundheitsstörungen, sogar Todesfälle, zugeschrieben werden. Am bekanntesten ist Rochard's Arbeit, erschienen in An. d'hygien., 2. Serie, Bd. 40, wo ein rothgelber Schimmelpilz, Thamnidium aurantiacum (= Oidium aurantiacum) toxisch gewirkt haben soll. Das von ihm bewachsene Brot hatte, wie alle verschimmelten Brote, einen äusserst bitteren Geschmack und widerlichen Geruch; sein Genuss erzeugte heftigen Durst, verlangsamte und erschwerte die Verdauung. Sonderbarerweise äusserte der Pilz bei Verfütterung an Tiere keine derartigen Wirkungen in Rochard's Versuchen, während Decaisne Kaninchen und Katzen damit krank gemacht haben will. Robertson (Lancet, 10. September 1887) berichtet über schwere Erkrankungen einer ganzen Familie nach dem Genuss stark verschimmelten Brotes, und Husemann führt ein ähnliches Vorkommnis mit Erkrankung von 4 Personen an, wovon ein fünfjähriges Mädchen starb. Brugnatelli und Zenoni wollen auch aus verschimmeltem Maisbrot Alkaloide gewonnen haben.

In keiner der eben besprochenen Arbeiten ist durch Untersuchungen festgestellt, ob die Schimmelpilze allein das Brot verdorben haben, oder ob noch andere Mikroorganismen mit im Spiele waren. Es kann somit die auf den Genuss des Brotes

eingetretene Vergiftung keineswegs mit Sicherheit dem Verschimmeln zugeschrieben werden, und dies umsoweniger, als die von Rochard mit dem beschuldigten Oidium aurantiacum ausgeführten Thierversuche negativ ausfielen. Um Klarheit in die Frage zu bringen, war es nöthig, mit Reinculturen zu arbeiten und die Versuche über die toxische Wirkung der Stoffwechselprodukte der Schimmelpilze von denen über die gleiche Wirkung der lebenden Pilze, resp. der Sporen, zu trennen. Die Versuche mit Pen. glauc. führte ich ausser an Katzen auch an mir selbst aus, die mit Asp. nid. und Muc. stol. dagegen nur an Katzen.

Um die Stoffwechselprodukte sporenfrei zu erhalten, filtrirte ich aus wässerigen Auszügen von Culturen von Pen. glauc. die Sporen so gut als möglich ab und verwendete das Filtrat dann zu Versuchen. Die Sporen zu den Experimenten ohne die Stoffwechselprodukte waren sehr leicht zu gewinnen. Pen. glauc. wächst auf breiigen Nährböden mit dicker Hautbildung auf der Oberfläche des Substrates und ungemein reicher Fruktifikation. Die Sporen lassen sich sehr leicht von der Haut ablösen und durch Abschütteln auf geglättete Unterlagen ohne irgend welche Substratbeimischung sammeln.

Die Versuche begann ich mit Stoffwechselprodukten von Pen. glauc. 20 g völlig verschimmeltes Brot wurden mit 75 ccm H_2O nach der angegebenen Weise behandelt und ein aliquoter Theil davon genossen. Nach orientirenden Vorversuchen an einer Katze entschloss ich mich zu Experimenten an meiner eigenen Person und trank 6 Stunden nach der letzten Mahlzeit, also bei völlig nüchternem Magen, 25 ccm des erwähnten Auszuges. Trotz dieser beträchtlichen Quantität hatte ich weder unmittelbar nach dem Genuss, noch in der Folgezeit, von dem widerlich bitteren Geschmack und dem moderigen Geruch während des Trinkens abgesehen, absolut keine Beschwerden verspürt. Diarrhöen, Leibweh, Durst, brennendes Gefühl im Hals, und was noch alles für andere Symptome bei den erwähnten Schimmelvergiftungen angegeben werden, waren auch nicht einmal in Andeutungen eingetreten.

Die Stoffwechselprodukte von Pen. glauc. konnten also nach einem solchen Ausfall des Experimentes keine intensiv schädlichen Wirkungen ausüben, und wenn der in Frage stehende Pilz dennoch solche haben sollte, so mussten die Schädigungen durch die Sporen bedingt sein.

Zur Orientirung darüber fütterte ich eine Katze mit Sporen und Pilzrasen von Pen. glauc. 10 Tage lang. Sie bekam täglich 5—8 g sorgfältig mit rohem oder gekochtem Fleisch vermengt und verzehrte so in der genannten Zeit 48 g Pen. glauc., ohne auch nur ein einziges Symptom gestörten Befindens gezeigt zu haben. Ihr Körpergewicht war im Gegentheil von 1,330 kg auf 1,707 kg angewachsen, hatte sich also um 377 g vermehrt.

Auch die zwei folgenden Versuche an meiner eigenen Person verliefen ohne irgend welche Störungen. An zwei Tagen hinter einander genoss ich als Frühstück bei absolut nüchternem Magen jeweils ein Semmelbrötchen, das mit Butter und einmal mit 0,4 g, das andere Mal mit 0,5 g reiner Sporen von Pen. glauc. bestrichen war, ohne Beeinträchtigung meines Wohlbefindens zu spüren. Bei dieser Gelegenheit ermittelte ich das Verhalten der Penicillium glaucum-Sporen im menschlichen Digestionstractus. Nach vorheriger Abgrenzung der Fäces durch Milchdiät nahm ich eine bedeutende Menge Sporen von Pen. glauc. mit wenig Brot und Fleisch vermengt zu mir und untersuchte die durch die Abgrenzung gekennzeichneten Fäces mikroskopisch und mit dem Plattenverfahren. In beiden Fällen konnten die Sporen mit voller Sicherheit nachgewiesen werden, besonders schön mit dem Plattenverfahren. Aus dem Inneren der mit sterilen Pincetten sorgfältig zerlegten Fleischfäces wurden mit der Platinnadel geringe Spuren entnommen und mit angesäuertem Agar (0,75% Normal-H_2SO) in Petri'sche Schalen gegossen. Nach zwei Tagen waren diese Schalen mit ganzen Rasen von Pen. glauc. bewachsen, im Gegensatz zu den aus dem Milchkoth gegossenen, auf welchen nur einige wenige Schimmelkolonien aufgegangen waren. Die Sporen von Pen. glauc. werden also von den Verdauungssäften des Menschen grösstentheils nicht angegriffen, sie passiren den Darmkanal, ohne Schaden zu leiden.

Bei Asp. nid. und Muc. stol. vereinfachte ich die Versuche insofern, als ich mir das Bereiten von wässerigen Auszügen ersparte und nur die auf Brotbrei gewachsenen sorgfältig abgehobenen Pilzrasen an Tiere verfütterte. Bei toxischer Wirkung sollten auch hier Stoffwechselprodukte und Sporen getrennt untersucht werden. Das Wachsthum beider Arten bedingte schon, dass bei Asp. nid. mehr Sporen und Pilzrasen als Substratbestandtheile zur Verfütterung kamen, während bei Muc. stol. ein umgekehrtes Verhältnis vorherrschte.

Zum Versuche mit Asp. nid. benutzte ich dieselbe Katze wie zu dem mit Pen. glauc. Sie wog 1,707 g bei Beginn der Experimente und erhielt 8 Tage hindurch täglich 6—14 g Asp. nid. unter Fleisch und kalte Brotsuppen vermischt. Ohne irgend welche Spuren von Gesundheitsstörungen hatte die Katze in der genannten Zeit 76 g Asp. nid. verzehrt und dabei an ihrem Körpergewicht noch um 297 g zugenommen.

Die Versuche mit Muc. stol. an derselben Katze verliefen mit einer Unterbrechung. Die Katze hatte nämlich viermal jeden 2. Tag 3—6 g unter Fleisch, Milch und kalte Brotsuppe vermischt zu sich genommen, im ganzen 20 g, als sie sich am 4. Versuchstage etwas traurig zeigte und wenig frass. Da ihr Käfig nahe am Ofen stand und derselbe die vorangehenden Tage heftig geheizt werden musste, schrieb ich die Schuld ihres Unwohlseins auf die abnormen Wärmeverhältnisse und brachte sie an einen anderen Platz des Zimmers, setzte aber die Versuche 10 Tage aus. Dann bekam sie innerhalb 8 Tagen noch 21,6 g Muc. stolon. unter das Futter vermischt, ohne weitere Störungen gezeigt zu haben. Sie wies auch diesmal wieder eine Gewichtszunahme von 200 g auf, indem sie genau 2 kg wog und während der Versuche um 670 g schwerer geworden war.

Nach diesen so günstigen und absolut negativen Resultaten hielt ich es für unnöthig, mit den Stoffwechselproducten, getrennt von den Sporen, und ebenso mit den letzteren allein Versuche anzustellen, wie ich es bei Pen. glauc. gethan hatte. Wenn Stoffwechselproducte und Sporen zusammen keine toxische Wirkung äussern, so ist damit auch die Unschädlichkeit eines Factors allein bewiesen.

Diese am Menschen und Tier ausgeführten Experimente scheinen mir den Beweis zu liefern, dass die Aufnahme selbst bedeutender Mengen der von mir untersuchten Schimmelpilze und ihrer Stoffwechselproducte keine gesundheitsschädlichen Wirkungen ausübt, wenngleich damit verschimmelte Nahrungsmittel ekelhaft von Geruch und Geschmack sind.

Während der Reinschrift dieser Arbeit sind ähnliche Untersuchungen von Zippel in der Zeitschrift für Veterinärkunde 1894, S. 57, veröffentlicht worden. Seine mit Pen. glauc. angestellten Versuche an Hunden, Kaninchen, Ziegen und Pferden führten zu denselben günstigen Resultaten, wie die meinigen, und bieten eine weitere Garantie für die Unschädlichkeit des Pen. glauc., des gemeinsten aller Schimmelpilze.

Am Schlusse meiner Untersuchungen angelangt, lassen sich deren Resultate kurz zusammen fassen:

1. Das Verschimmeln des Brotes ist immer auf eine Infection von Aussen zurückzuführen, die im Mehl und Sauerteig vorhandenen Schimmelpilze gehen beim Backen zu Grunde.

2. Penicillium glaucum, Aspergillus nidulans greifen das Eiweissmolekül des Brotes an und verwandeln es in im Wasser leicht lösliche N-Verbindungen, ohne jedoch den N des Brotes quantitativ zu verändern. Die Kohlehydrate erleiden durch das Verschimmeln eine erhebliche Einbusse und werden grossentheils in CO_2 übergeführt, woraus ein bedeutender Verlust des Brotes an Trockensubstanz und Nährwerth resultirt.

3. Die von mir untersuchten drei Schimmelarten verursachten in meinen Versuchen weder durch ihre Stoffwechselproducte noch durch ihre Sporen vom Verdauungskanal aus toxische Wirkung, machen aber wegen der widerlichen Geruchs- und Geschmacksveränderung die Brote unappetitlich und schwer geniessbar.

Ich verkenne nicht, dass weitere zahlreichere Versuche am Menschen wünschenswerth erscheinen, um die angeregte Frage über die toxische Wirkung der Schimmelpilze endgültig zu entscheiden; immerhin glaube ich, dass meine Versuche wenigstens eine willkommene Orientirung über die Gesundheitsgefährdung durch drei gemeine Schimmelpilze vom Magen aus geben.

Zum Schlusse erübrigt mir die angenehme Pflicht, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. K. B. Lehmann, für die Ueberweisung des Themas und die während der auf $1\frac{1}{2}$ Jahr vertheilten Arbeitszeit (S.-S. 1892 bis S.-S. 1893) mir zu Theil gewordene Anregung und Unterstützung meinen tiefgefühlten Dank auszusprechen.

Studien über Mehl und Brot.

IX. Einfluss der menschlichen Verdauungssäfte auf altbackenes und frisches Brot.

Von

Dr. Eugen Jungmann.

(Aus dem hygienischen Institut in Würzburg.)

Im Sommer-Semester 1893 wurde von Herrn Professor Dr. K. B. Lehmann einem seiner Praktikanten, Herrn Dr. G. Spiro, der Auftrag zu Theil, einige Untersuchungen über die physikalische Beschaffenheit des Brotes anzustellen. Die interessanten Resultate, die diese Arbeit gefördert hatte, wurden von Herrn Professor Dr. Lehmann im verflossenen Winter einer eingehenden Nachprüfung unterzogen, zugleich die Bearbeitung einer Reihe weiterer Fragen diesen Untersuchungen angeschlossen.[1]) Dabei stellte sich heraus, dass die etwas spärlichen Versuche, welche Herr Dr. Spiro über die Speichelaufnahme von altbackenem und frischem Brot angestellt hatte, nicht ausreichten, um eine klare Vorstellung über diese Vorgänge zu bekommen. Infolge dessen beauftragte mich Herr Professor Dr. Lehmann, nähere Versuche über die Veränderungen des Brotes beim Kauen anzustellen, dann einige Orientirungsversuche über die Einwirkung der einzelnen Verdauungsprincipien und deren vielleicht verschiedenes Verhalten gegen altbackenes und frisches Brot anzuschliessen.

1) K. B. Lehmann, z. Th. unter Mitwirkung von G. Spiro, Hygienische Studien über Mehl und Brot. Theil V: Beiträge zur physikalischen Beschaffenheit des Brotes. Dieses Archiv, Bd. XXI, S. 215.

Unter »Brot« ist stets Brotkrume gemeint.

Der Plan, den ich bei meiner Arbeit verfolgte, war folgender, wobei

aB altbackenes[1])
fB frisches Brot

bedeuten möge:

I.

1. Welche Gewichtszunahme zeigen aB und fB, eine gewisse Zeit lange gekaut?

2. aB und fB werden eine gewisse Zeit lang gekaut und darauf der Einwirkung einer bestimmten Salzsäuremenge ausgesetzt. Wieviel Natronlauge ist nöthig, die Neutralisation zu bewirken?

3. aB und fB werden eine gewisse Zeit lang gekaut und darauf der Einwirkung einer bestimmten Salzsäuremenge und einer bestimmten Menge Pepsin ausgesetzt. Wieviel Stickstoff geht in Lösung?

II.

1. Behufs Nachbildung eines mangelhaften Kauprocesses werden aB und fB »geknetet« eine bestimmte Zeit der Imbibition von Wasser von Zimmertemperatur und Wasser von 50° ausgesetzt. Zu gleicher Zeit wird die gleiche Menge zerbröckelt der Imbibition ausgesetzt.

2. aB und fB werden 1. geknetet und 2. zerbröckelt der Einwirkung einer Salzsäurelösung eine bestimmte Zeit lang ausgesetzt. Wieviel Natronlauge ist nöthig, die Neutralisation zu bewirken?

III.

1. Welche Gewichtszunahme zeigen aB und fB, von einer zahnlosen Person eine bestimmte Zeit lang gekaut?

2. aB und fB werden von einer zahnlosen Person eine Zeit lang gekaut und der Einwirkung von Salzsäure ausgesetzt. Wieviel Natronlauge ist nöthig, die Neutralisation zu bewirken?

IV.

Frisches Brot wird nur so lange gekaut, um das Gefühl der genügenden Zerkleinerung hervorzurufen. Es wird geprüft:

1) Unter altbackenem Brot versteht man Brot, das älter als ein bis zwei Tage ist.

1. Wieviel Speichel es aufnimmt,

2. wieviel Natronlauge nöthig ist, um die von einem derartigen Bissen in bestimmter Zeit aufgenommene Salzsäuremenge zu neutralisiren.

I. Normale Kauversuche mit altbackenem und frischem Brote.

1. Speichelaufnahme.

Je 20 g frischen resp. altbackenen Brotes werden eine bestimmte Zeit lang gekaut und hierauf gewogen, um so die Speichelaufnahme festzustellen. Der Bissen, der in einer ersten Versuchsreihe 1 Minute, dann 3 Minuten lang gekaut wurde, zeigte darnach, wie natürlich, eine verschiedene Consistenz. Nach 1 Minute bildete er noch eine einigermaassen cohärente Masse, nach 3 Minuten hatte er schon eine völlig breiige Beschaffenheit angenommen, so dass es unmöglich war, bequem mit ihm zu manipuliren, resp. ihn mit quantitativer Genauigkeit dem Einflusse noch weiterer Verdauungssäfte auszusetzen. Ich kann aber versichern, dass selbst bei einem sehr grossen Bissen (20 g) altbackenen Brotes 1 Minute langes Kauen vollkommen genügte, um das Gefühl der genügenden Zerkleinerung und Einspeichelung hervorzubringen und bei einiger Wiederholung die Kaumuskulatur zu ermüden.

Die Resultate, die ich bei meinen Versuchen fand, waren folgende (der angegebene Wassergehalt bezieht sich auf das Brot vor dem Kauen).

Altbackenes Brot, 1 Minute gekaut[1]).

Wassergehalt	Gewichtszunahme v. 20 g Brot	Wassergehalt	Gewichtszunahme v. 20 g Brot
46,5%	6,5	44%	4,3
	6,0		4,59
	5,10		6,14
	6,14		7,72
	7,72		4,30

1) Altbackenes Brot, 3 Minuten lang gekaut, liefert eine Gewichtszunahme von 11,37, 18,19, 14,86 g.

Wassergehalt	Gewichtszunahme v. 20 g Brot	Wassergehalt	Gewichtszunahme v. 20 g Brot
44 %	6,29	41,0 %	5,9
	4,77		7,65
	4,5	41,0 %	6,7
	4,95		6,28
35,5 %	7,6		4,09
	6,5		

Frisches Brot, 1 Minute gekaut[1]).

Wassergehalt	Gewichtszunahme v. 20 g Brot	Wassergehalt	Gewichtszunahme v. 20 g Brot
44,5 %	5,95	43,2 %	6,09
	6,0		5,64
	4,12		4,10
	6,4		4,75
39,5 %	4,9		5,87
	6,64		6,0
	7,6		5,4
39,5 %	6,75		7,01
	4,5		
	4,95		

Nehmen wir die Durchschnittszahlen, so erhalten wir für:

Altbackenes Brot **6,03** } Gramm Gewichtszunahme.
Frisches Brot . . **5,69** }

Im Anschluss an diese Versuche wurde noch folgender Versuch gemacht: Man nahm einige Gefässe und füllte:

1. das erste mit 20 g 1 Minute lang gekauten Brotes und setzte demselben eine bestimmte Menge Wassers zu, so dass die Gesammtflüssigkeit ein Volumen von 50 ccm hatte;

2. das zweite mit 20 g 3 Minuten lang gekauten Brotes und füllte auf 50 ccm Wasser auf;

---

1) Frisches Brot, 3 Minuten lang gekaut, ergab eine Gewichtszunahme von 14,86, 12,9, 11,35, 9,8 g.

3. das dritte mit 20 g zerbröckelten, ungekauten Brotes und füllte auf 50 ccm Wasser zu;

4. das vierte mit 20 g reinen, ungekauten Brotes und setzte ihm 0,1 g Diastase und soviel Wasser zu, dass 50 ccm erhalten werden.

Die Gefässe kamen auf ca. 4 Stunden in den Brutofen. Dann wurden je 5 ccm der abfiltrirten Flüssigkeit mit je 20 ccm Fehling'scher Lösung versetzt und gekocht. Das erste, zweite und vierte Gefäss ergaben eine äusserst starke Kupferreduction, das dritte zeigte auch eine immerhin ziemlich starke, wenn auch bedeutend schwächere Reduction als bei den anderen. War es doch auch nicht anders zu erwarten, da das im Speichel wirkende Ferment, Ptyalin, Zucker bildet und andererseits es bekannt ist, dass im Brot selbst schon gewisse Quantitäten Zuker vorhanden sind.

Dieser Versuch wurde sowohl bei altbackenem als auch frischem Brote angestellt und führte stets zu gleichem Resultate. Er zeigt, dass schon nach 1 Minute langem Kauen eine Speichelmenge absorbirt wird, die zu einer äusserst energischen Verzuckerung hinreicht. Nur eingehende quantitative Versuche hätten hier in dem Verhalten von frischem und altbackenem Brote einen Unterschied nachweisen können. Vorläufig darf ich grössere Verschiedenheiten bezweifeln und jedenfalls daran festhalten, dass bei gleich langem Kauen ziemlich gleiche Speichelmengen von frischem wie altbackenem Brote aufgenommen werden.

Die auf S. 111 und 112 mitgetheilten Einzelversuche zeigten unter sich zunächst ziemlich grosse Differenzen, die keineswegs auf nicht zu vermeidende Fehler allein hätten bezogen werden können. Ich suchte einen Grund für dieselben zu finden und bemerkte schliesslich, dass es zwar gleichgiltig war, ob frisches oder altbackenes Brot die Speichelsecretion anregte, nicht aber, wann sie hervorgerufen wurde. Hatte die Secretion längere Zeit geruht, z. B., wenn in den Vormittagstunden zwischen 11—12 der Versuch angestellt wurde, nachdem ich seit dem Morgen noch keine Nahrung aufgenommen hatte und Hungergefühl vorhanden war, so fand ich reichliche, Nachmittags gegen 4 Uhr

nur geringe Zunahme. Doch zeigte sich dies nur beim ersten Versuch eine Reihe.

Kaute man noch ein zweites resp. drittes Mal, so wurde die Speichelsecretion stärker und erreichte zuweilen die Höhe, die sie am Vormittag gehabt hatte. Die Versuche, nach diesem Gesichtspunkte hin geordnet, ergeben folgende Tabelle:

Tabelle I.

Nachmittag Uhr	Gewichtszunahme g	Vormittag Uhr	Gewichtszunahme g
5	5,95	1	6,5
$5^1/_2$	4,12	8—9	6,0
$5^1/_2$	[1] 4,59	$^1/_2$10	6,4
	6,14	10^{30}	7,72
$4^1/_2$	4,8	10^{30}	6,06
$3^1/_2$	4,1		7,06
	4,7		7,6
4	4,09	Morgenversuche zw. 8—10	6,5
	5,4		6,09
	7,01		5,64
			5,9
			7,65
			6,7
			6,28
			5,87
			6,06

Die Mittelzahlen aus den zuerst angestellten Versuchen ergeben:

für Nachmittag Gewichtszunahme von 4,53 g;

für Vormittag Gewichtszunahme von 6,56 g.

Diese Thatsachen schienen interessant genug, noch einige weitere Versuche in dieser Hinsicht mit einem absolut trockenen Stoff, der Watte, anzustellen.

Ich kaute 2 g Watte — eine Menge, die an Volumen ungefähr 20 g Brot gleichkommt — während 1 Minute und fand dabei folgende Resultate:

1) Die von einer } umgebenen Zahlen beziehen sich auf hintereinander angestellte Versuche.

Tabelle II.

Nachmittag Uhr	Gewichtszunahme von 2 g	Vormittag Uhr	Gewichtszunahme von 2 g
5½	3,0	11	3,59
3	2,0	12	4,895
3	1,62	12	3,9
4	1,7	11½	4,1
3½	1,6	12½	3,6
3	1,7		
3	1,6		

Die Mittelzahlen ergeben

	Zunahme	
Nachmittags		Vormittags
1,88		4,017.

2. Einwirkung von Salzsäure auf gekautes Brot.

Es war jetzt erforderlich, gekautes Brot der Einwirkung von Salzsäure auszusetzen.

Zu diesem Zwecke wurde eine 1% Salzsäure (1 Volum Salzsäure auf 99 Wasser) genommen, zur Titrirung eine 1proc. Natronlauge benützt. Als Indicator wurde Phenolphtalein angewandt. Die Versuche wurden in der Weise angestellt, dass Brot 1 Minute lang gekaut, hierauf in ein Porzellansieb gebracht wurde, das man in eine mit 1proc. Salzsäure gefüllte Schale hineinsetzte. Nach einer gewissen Zeit nahm man das Sieb mit seinem Inhalt heraus, liess die überschüssige Säure ablaufen, brachte das Brot in ein Gefäss, das mit destillirtem Wasser angefüllt wurde, und titrirte nunmehr mit 1proc. Natronlauge aus. Die Ergebnisse waren folgende:

Tabelle III.
Altes Brot. (20 g).

Wassergehalt	Natronlaugeverbrauch nach 10 Minuten	Natronlaugeverbrauch nach 45 Minuten
44,0 %	14,5 ccm	18,6 ccm
35,5 %	13,2 »	16,9 »
35,5 %	12,1 »	14,4 »

Tabelle IV.
Frisches Brot. (20 g).

Wassergehalt	Natronlaugeverbrauch nach 10 Minuten	Natronlaugeverbrauch nach 45 Minuten
40,5 %	12,2 ccm	17,6 ccm
40,5 %	15,6 »	20,1 »
43,0 %	12,9 »	14,4 »

Nehmen wir die Mittelzahlen, so ergibt sich, dass altbackenes Brot nach 10 Minuten langer Einwirkung von 1 proc. Salzäure **12,15 ccm** Natronlauge, nach 45 Minuten **16,6 ccm** Natronlauge bedarf; frisches Brot nach 10 Minuten **13,6 ccm** Natronlauge, frisches Brot nach 45 Minuten **17,3 ccm** Natronlauge bedarf.

Vergleichen wir die gefundenen Resultate, so kommen wir zu dem Schlusse:

Frisches, wie altbackenes gekautes Brot nehmen die gleiche Menge Salzsäure auf, denn die gefundenen Unterschiede sind wohl viel zu gering und mit gewissen, nicht zu vermeidenden Fehlerquellen behaftet, um aus den minimalen Differenzen Schlüsse ziehen zu dürfen.

3. Einwirkung von Salzsäure und Pepsin auf gekautes Brot.

Es wurden je 20 g altes und 20 g frisches Brot genommen, 1 Minute lang gekaut, mit 100 ccm 1 proc. Salzsäure und 0,1 g Pepsin versetzt und eine Nacht hindurch in den Brutofen gestellt. Die Filtrate ergaben deutliche Biuretreaction und starke Sublimatfällung; mit Ferrocyancalium und Essigsäure hingegen keine deutliche Fällung. Je 50 ccm der abfiltrirten Flüssigkeit wurden nunmehr benutzt, den Eiweissgehalt zu berechnen. Die Methode, die angewandt wurde, war die Kjeldahl'sche (s. Lehmann, Untersuchungsmethoden § 213): »Die abgewogenen Mengen werden unter Zusatz einiger Cubikcentimeter Schwefelsäure möglichst zur Trockene eingedampft. Man gibt dann 20 ccm Säuremischung hinzu, ausserdem ca. 0,5 g wasserfreies Kupfersulfat und 1 g metallisches Quecksilber. Den Kolben stellt man mit schräg geneigtem Halse auf ein Drahtnetz und erhitzt unter Umschütteln $^1/_2$—$^3/_4$ Stunden mit kleiner Flamme, bis die Lösung hell, farblos oder blass-gelblich geworden ist. Ist Entfärbung eingetreten, so lässt man etwas abkühlen, giesst dann den Inhalt des Zersetzungskolbens in den geräumigen Erlenmeyer'schen Destillationskolben und spült mit Wasser nach. Die durch den Wasserzusatz von neuem erhitzte Flüssigkeit lässt man etwas abkühlen und setzt Natronlauge im schwachen Ueberschuss hinzu. Man muss ausprobiren, wieviel Lauge bei der angewandten Säure zur

Neutralisirung nöthig ist; diese Menge setzt man in zwei Zeiten hinzu, indem man währenddessen wieder abkühlen lässt und fügt dann rasch 40 ccm Scwefelkaliumlösung hinzu, wodurch das Quecksilber gefällt wird. Jetzt werden noch rasch einige Zinkstückchen hineingeworfen und der Apparat geschlossen. Man erhitzt den Kolbeninhalt und destillirt über die Hälfte ab, das übergehende Ammoniak wird in 50 ccm Normalschwefelsäure aufgefangen und dann die Schwefelsäure mit Natronlauge austitrirt.« Der so angestellte Versuch ergibt bei

Versuch I.

Für altbackenes Brot	5 ccm		Schwefelsäure an Ammoniak gebunden.
» » »	4 »		
» frisches »	3 »		

Versuch II.[1])

Für altbackenes Brot	16,9 ccm		Schwefels. an Ammoniak gebunden.
» frisches »	16,4 »		
» » »	18,8 »		

Also auch in dieser Versuchsweise ergibt sich zwischen altbackenem und frischen Brote kein auffallender Unterschied.

II. Imbibitionsfähigkeit des gekneteten und zerbröckelten Brotes.

Um in übertriebener Weise einen gestörten Kauprocess nachzuahmen, wurde Brot zwischen den Fingern zu erbsengrossen Knöllchen geknetet und dadurch ziemlich porenfrei gemacht. Zu gleicher Zeit wurde auch, um möglichst günstige Verhältnisse herzustellen, eine gleiche Menge Brotes durch Zupfen zerbröckelt und beides der Einwirkung reinen kalten Wassers ausgesetzt.

Die Versuche wurden so angestellt, dass die abgewogenen Brotmengen (je 20 g) in einen Drahtkorb gebracht der Imbibition ausgesetzt wurden. Die aus dem Wasser herausgezogenen Körbe liess ich so lange stehen, bis kein Wasser mehr ablief, und wog sie dann ab. Die Resultate, die ich hierbei fand, waren folgende: (Folgen Tabelle V und VI auf S. 118.)

Wir finden hier einmal, wie Herr Professor Dr. Lehmann und Dr. Spiro bereits zeigten, dass frisches Brot nicht nur im

1) Bei diesem Versuche wurden nicht nur 50 ccm der abfiltrirten Flüssigkeit zur Bestimmung des Stickstoffes benutzt, sondern das gesammte Filtrat, ca. 75 bis 100 ccm.

Block, sondern auch zerbröckelt viel rascher Wasser aufnimmt als altbackenes, zweitens geht aber aus dem Versuche die neue, wohl zu erwartende Thatsache hervor, dass geknetetes Brot langsamer und weniger Wasser aufnimmt. Wieder verhält sich aber frisches Brot etwas günstiger als altbackenes. Namentlich scheint bei längerer Dauer der Einwirkung eine etwas grössere Wasseraufnahme des frischen gekneteten Brotes hervorzutreten.

Tabelle V.

Lufttrocken	20 g altes Brot geknetet	20 g frisches Brot geknetet
5 Min.	4,44	7,0
10 Min.	6,7	6,85
15 Min.	6,68	8,9
30 Min.	6,17	10,4
60 Min.	7,22	11,7
3 Std.	15,47	19,25
7 Std.	18,77	31,55

Tabelle VI.

20 g alten Brotes zerbröckelt	20 g frisch. Brotes zerbröckelt hatten eine Zunahme von
Nach 5 Min. 22,2 g	45,0 g
» 10 » 24,58 »	46,77 »
» 15 » 24,98 »	47,97 »
» 30 » 24,40 »	45,75 »
» 60 » 23,97 »	44,25 »
» 3 Std. 24,95 »	46,61 »
» 7 » 26,45 »	46,90 »

Sehen wir nun, wie sich die Verhältnisse gestalten, wenn wir an Stelle des kalten, Wasser von 50° annehmen. Lehmann und Spiro hatten nämlich gefunden, dass in heissem Wasser von 40—60° die Wasseraufnahme altbackenen oder lufttrockenen Brotes bedeutend gesteigert ist.

Die Resultate, die ich fand, waren folgende:

Tabelle VII.

	20 g alten Brotes geknetet	20 g frisches Brot geknetet zeigen Zunahme von
Nach 5 Min.	11,83 g	8,0 g
» 10 »	12,30 »	10,05 »
» 15 »	12,63 »	11,23 »
» 30 »	13,46 »	17,30 »
» 60 »	12,96 »	17,07 »
» 3 Std.	16,85 »	27,90 »
» 7 »	21,48 »	33,33 »

Tabelle VIII.

	20 g altback. Brotes zerbröckelt	20 g frischen Brotes zerbröckelt zeigen Zunahme von
Nach 5 Min.	44,04	49,25
» 10 »	48,79	55,25
» 15 »	49,70	56,13
» 30 »	48,94	54,90
» 60 »	50,59	56,72
» 3 Std.	51,34	33,92
» 7 »	50,54	53,80

Der Versuch bestätigt also für zerbröckeltes Brot den Befund von Lehmann und Spiro: Altbackenes Brot verhält sich wie frisches gegen warmes Wasser.

Dagegen begünstigt das warme Wasser auffallender Weise die Wasseraufnahme aus geknetetem Brote nicht in merklickem Grade.

Geknetetes und zerbröckeltes Brot werden der Einwirkung von Salzsäure ausgesetzt.

Es wurden je 20 g altbackenes Brot genommen, geknetet, in ein Porzellansieb gebracht und nunmehr der Einwirkung von Salzsäure ausgesetzt. Zu gleicher Zeit wurde die gleiche Menge Brot zerbröckelt dem Einflusse der Säure ausgesetzt. Die Resultate waren folgende:

Tabelle IX.

Altbackenes Brot (35,5% Wassergehalt).

	geknetet	zerbröckelt
10 Min.	11,5 Nachm.	24,2
45 »	18,5 »	21,3

Bei diesen Versuchen ist zu bemerken, dass das altbackene Brot diesmal nur noch so wenig plastisch war, dass von einer eigentlichen Knetung nicht die Rede sein konnte. Es wurde vielmehr nur oberflächlich ein festerer Zusammenhang geschaffen, während im Innern keine Knetung, sondern Zerbröckelung stattgefunden hatte und somit das Eindringen der Säure nicht nennenswerth erschwert war.

Anders lagen die Verhältnisse beim frischen Brot. (Wassergehalt 43%). Hier gelang es leicht, eine Knetung herzustellen.

Die Resultate waren:

Tabelle X.

Frisches Brot.

	geknetet	zerbröckelt
Nach 10 Min.	2,9 Natronlauge	25,3
	4,0	26,4
Nach 45 Min.	8,2	27,5
	6,3	28,2

Mit Erfolg geknetetes Brot leistet somit dem Eindringen von Salzsäure viel grösseren Widerstand als zerbröckeltes.

Dass dies der Fall, lehrt auch folgender Versuch:

Je 10 g frisches Brot — einmal geknetet, zweitens zerbröckelt — werden mit je 10 ccm Speichel und je 10 ccm Wasser versetzt und auf eine Stunde in den Brutofen gebracht. Zum Zuckernachweis wurden 25 ccm Fehling'scher Lösung verwendet. Beide Portionen ergaben positive Resultate, indessen war beim zerbröckelten Brot das Kupfer vollständig, beim gekneteten noch lange nicht vollständig reducirt. Auffallender Weise ergab derselbe Versuch fast gleich auffallenden Unterschied mit altbackenem, wenig plastischem Brot (geknetet und zerbröckelt) ausgeführt.

Sollten die gefundenen Resultate auch bei der menschlichen Verdauung sich bestätigen lassen, so war damit nachgewiesen, aus welchem Grunde sich frisches Brot allgemein als schädlich erweist. Man glaubte das Kneten des Brotes dadurch nachahmen zu können, dass man eine völlig zahnlose Person Brot kauen liess und den Bissen darauf in Salzsäure brachte. Die Resultate ergibt der folgende Abschnitt.

III. Speichelaufnahme von altbackenem und frischem, von einer zahnlosen Person gekautem Brote.

Imbibitionsfähigkeit des gekauten Brotes für Salzsäure.

Der Bissen musste jetzt kleiner genommen werden, anstatt 20 nur 10 g.

Tabelle XI.
Altbackenes Brot (10 g).

Wassergehalt	Zunahme nach 1 Min. Kauen.
41 %	0[1])
41 %	1,9
41 %	2,25
41 %	1,7
41 %	3,0

Tabelle XII.
Frisches Brot (10 g).

Wassergehalt	Zunahme nach 1 Min.
41 %	1,4
41 %	1,85
41 %	1,9
41 %	1,7

1) Bei Versuch I war die Zunahme so gering, dass es nicht möglich war, eine eigentliche Gewichtserhöhung gegenüber dem natürlichen Verlust infolge Steckenbleibens resp. Verschluckens einzelner Bröckchen festzustellen.

Also auch hier, bei schlechten Kauwerkzeugen, kein beträchtlicher Unterschied zwischen altbackenem und frischem Brote.

Lässt man nun kauen und setzt dem gekauten Brote Salzsäure hinzu, so ergeben sich folgende Resultate:

Tabelle XIII.
Altbackenes Brot (1 Min. gekaut.)
10 g absorbiren

Nach 10 Minuten	Nach 45 Minuten
5,6 Natronlauge	8,9 Natronlauge
7,9 »	9,4 »
7,9 »	

Tabelle XIV.
Frisches Brot (1 Min. gekaut).
10 g absorbiren

Nach 10 Minuten	Nach 45 Minuten
11,4 Natronlauge	12,1 Natronlauge
11,0 »	11,5 »

Es nahm also das frische Brot sogar regelmässig etwas mehr Salzäure als altbackenes auf. Ich möchte aber bei der kleinen Anzahl Versuche daraus nur schliessen, dass ein Unterschied zum Nachtheil des frischem Brotes nicht besteht. Es bestätigt sich also die Annahme nicht, dass frisches Brot bei schlechten oder fehlenden Zähnen oder sehr raschem Essen im Munde nur geknetet, nicht gekaut würde und deswegen schlechter verdaut würde, weil eben geknetetes Brot schlecht Salzsäure aufnimmt. Ich musste daher nach einem andern Grunde suchen, um die erschwerte resp. Beschwerden hervorrufende Verdauung von frischem Brote zu erklären.

IV. Frisches Brot wird nur so lange gekaut, als genügt, das Gefühl der genügenden Zerkleinerung hervorzurufen. Salzsäureaufnahme des gekauten Brotes.

Es blieb mir nur noch eine Erklärungsmöglichkeit zu prüfen. »Vielleicht — konnte man annehmen — brauchte frisches Brot nur kürzere Zeit gekaut zu werden, um geschluckt werden zu können. Dieses wenig gekaute Brot absorbirt schlechter Salzsäure und Pepsin und wird also deswegen langsamer verdaut.«

Der erste Theil dieser Annahme ist richtig. Es genügte, das frische Brot eine halbe Minute lang zu kauen, um das Gefühl der

genügenden Zerkleinerung zu erwecken. Gemäss der kürzeren Zeit war jetzt auch die Speichelaufnahme eine viel geringere:

Tabelle XV.

Frisches Brot (20 g)

zeigten Speichelaufnahme nach einer halben Minute	zeigten Speichelaufnahme nach einer halben Minute
2,1 g	2,2 g
2,0 »	2,9 »
2,2 »	2,9 »

Aber, wie die folgende Tabelle im Vergleiche zu der bereits schon früher mitgeteilten und nochmals wiederholten Tabelle IV zeigt, absorbirt, selbst nach kurzem Kauen, das frische Brot nicht viel weniger Salzsäure als länger gekautes. Es wird also durch kurzes Kauen nicht geknetet, nur weniger zerkleinert.

Tabelle XVI. **Frisches Brot** (20 g) ½ Minute gekaut.	Tabelle IV. **Frisches Brot** (20 g) 1 Minute gekaut.
verbrauchen zur Neutralisation der in 10 Min. aufgenommenen Salzsäure	
9,5 Natronlauge	12,2 Natronlauge
11,9 »	15,6 »
9,7 »	12,9 »
9,1 »	
12,3 »	
10,0 »	

Es ist also nicht gelungen, in dem untersuchten Verhalten des frischen und altbackenen Brotes zu den Verdauungssäften: Speichel, Salzsäure und Pepsin einen sehr auffallenden Unterschied zu finden. Und doch reagiren viele Menschen ganz verschieden gegen altes und frisches Brot. Ich vermuthe, die Erklärung ist sehr einfach und liegt rein im mechanischen Moment. Frisches Brot kann rascher, d. h. nach kurzem Kauen geschluckt werden; es bildet dann feste Klumpen, die, wenn sie auch ziemlich schnell Salzsäure annehmen und vielleicht in der gleichen Zeit ähnlich viel Pepton bilden wie altbackenes Brot, dennoch bis zur Lösung mechanisch die Magenwände reizen, — gerade wie halbgare Kartoffeln etc. Menschen mit wenig empfindlichem

Magen leiden darunter gar nicht — so glücklicher Weise ich selbst —, andere empfinden Druckgefühl, andere werden stark belästigt, bis Erbrechen erfolgt, wieder andere bekommen sogar Magenkrämpfe.

Isst man aber sorgsam Bissen für Bissen, so kann selbst ganz frisches Brot nicht im geringsten schädlich sein. Gestützt auf meine Untersuchungen, glaubte ich es daher verantworten zu können, vier meiner Freunde, Mediciner im Alter von circa 25 Jahren, zu veranlassen, je ungefähr 200 g ganz frisches Brot, das soeben dem Backofen entnommen war, zu essen. Allen ist es — allerdings nachdem sie sorgsam Bissen für Bissen tüchtig durchgekaut hatten — gut bekommen, obschon einer von ihnen über einen »schwachen Magen«, wie der Volksmund es bezeichnet, zu klagen hat. Also eine praktische Bestätigung meiner Ansicht.

Zum Schlusse meiner Arbeit erfülle ich gern die angenehme Pflicht, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. K. B. Lehmann, für die Ueberlassung des Themas, für die liebenswürdige Unterstützung und Anregung, für die vielfachen Winke und Rathschläge meinen aufrichtigsten Dank auszusprechen.[1])

Gleichfalls danke ich auch Herrn Lang für seine freundlichen Bemühungen.

1) Es sollen verschiedene in Dr. Jungmann's Arbeit nur durch wenige Versuche beleuchtete Punkte demnächst näher in meinem Institut untersucht werden. K. B. Lehmann.

Ueber Beziehungen zwischen geistiger Ermüdung und Empfindungsvermögen der Haut.

Schulhygienische Untersuchungen[1])

von

Prof. Dr. med. und phil. **H. Griesbach,**
in Mülhausen (Elsass).

Mit der Geburt ist weder die formelle noch die functionelle Beschaffenheit des Nervensystems abgeschlossen. Bis zur Zeit der Pubertät und noch darüber hinaus bringen energisches Wachsthum und Entwickelung der Seelenthätigkeit manche Veränderungen mit sich. Auf derartige Veränderungen hier einzugehen ist nicht meine Absicht. Ich möchte vielmehr in der vorliegenden Mittheilung einen Abschnitt der Nervenenergetik während des Schullebens behandeln, nämlich die Arbeitsleistungsfähigkeit des Gehirns, die damit in Zusammenhang stehende Ermüdung und deren Nachweis. Bis zur Stunde liegen darüber nur wenig eingehende Untersuchungen vor, und es wäre sehr wünschenswerth, wenn dieselben vermehrt würden. Solche Untersuchungen müssen sich über die drei Entwickelungsperioden erstrecken, welche man an dem jugendlichen Organismus unterscheiden kann. Die erste umfasst für Knaben die Zeit bis zum achten Lebensjahre und ist durch eine starke Zunahme an Länge und Gewicht gekennzeichnet. Die zweite Periode reicht bis zum vierzehnten Lebensjahre und macht sich durch eine auffällige

1) Die Untersuchungen wurden in den Monaten April bis August 1894 gemacht.

Hemmung des Wachsthums und eine geringere Gewichtszunahme bemerkbar. In der dritten, bis zum Ende des siebzehnten Jahres sich hinziehenden Pubertätsperiode schreitet das Wachsthum bedeutend voran, namentlich zu Anfang der Pubertät. Die Zunahme des Gewichtes in dieser Periode erreicht ihr Maximum später als die Längenzunahme. Im weiblichen Körper liegen die Verhältnisse etwas anders. Diese allgemeinen Regeln, die in den verschiedenen Zonen einzelne Abänderungen erleiden, ergeben sich namentlich aus den Untersuchungen Malling-Hansens[1]) und Key's.[2])

In innigem Zusammenhange mit der körperlichen Entwickelung während der genannten Perioden steht auch die Leistungsfähigkeit des Gehirns, und bei der Beurtheilung und Abwägung derselben muss man auf die physische Entwickelung Rücksicht nehmen.

Jede physiologische Arbeitsleistung, auch die des Gehirns, zieht Ermüdung nach sich, worunter man bekanntlich eine Verminderung der Leistungsfähigkeit innerhalb physiologischer Breite versteht. Die Ermüdung wird erst empfunden, wenn sie eine gewisse Stärke erreicht hat.

Um über den Grad geistiger Ermüdung Aufschluss zu erhalten, wendet man verschiedene Methoden an. Eine derselben stammt von dem italienischen Physiologen Mosso. Derselbe hat nachgewiesen, dass nicht nur bei der Muskelarbeit die Nervencentren ermüden, sondern dass auch umgekehrt eine intensive geistige Thätigkeit auf die Muskelarbeit einen vermindernden Einfluss ausübt, mit anderen Worten, dass eine Ermüdung der psychischen Centren des Gehirns unmittelbar auf die motorischen Centren desselben wirkt. Auf diese Thatsache gründet sich Mosso's Methode, die geistige Ermüdung graphisch zu registriren. Zur Ausführung dient ein Apparat, welchen er

---

1) R. Malling-Hausen, Perioden im Gewicht der Kinder und in der Sonnenwärme. Kopenhagen, Tryde 1886.

2) A. Key, Die Pubertätsentwickelung und das Verhältniss derselben zu den Krankheitserscheinungen der Schuljugend. Verhandlung des X. internationalen medicin. Congresses, Berlin 1891, Bd. I, S. 66 ff.

Ergograph genannt hat. Auf eine Beschreibung des Apparates kann hier verzichtet werden.[1])

Die Registrirung schliesst in dem Augenblicke ab, in welchem der mit einem Gewichte belastete Finger der Versuchsperson nicht mehr im Stande ist, das Gewicht zu heben. Bei solchen Versuchen haben sich interessante Resultate ergeben. Mosso experimentirte leider nicht an Schülern, und ich glaube, dass an diesen bis heute überhaupt keine Versuche mit dem Ergographen vorliegen. Mosso liess aber Ermüdungscurven von verschiedenen erwachsenen Personen aufschreiben, die stundenlang angestrengt geistig beschäftigt waren. Im Zustande physiologischen Gleichgewichtes führte eine der Versuchspersonen Mosso's mit dem Mittelfinger der linken Hand, bei einer Belastung von 2 kg, 55 Contractionen aus. Die Hubhöhe nahm ganz allmählich von 45 mm bis zu Null ab. Nach intensiver geistiger Arbeit, die in der Abhaltung eines 3½ stündigen Examens bestand, wurde eine zweite Curve aufgeschrieben. Die beiden ersten Contractionen waren noch stark, dann aber trat eine schnelle Abnahme ein, und nach neun Contractionen war die Energie der Muskeln erschöpft. Es ist nicht der Wille, es ist nicht der Nervenapparat allein, sagt Mosso, sondern es ist auch der Muskel, welcher in Folge einer geistigen Anstrengung ermüdet. Mosso nimmt dafür zu der bekannten Erklärung seine Zuflucht, dass während der gesteigerten Gehirnarbeit Zersetzungsprodukte in den Kreislauf gelangen, welche die Muskeln vergiften und sie unfähig machen, ihre Energie zu entfalten. Diese Erklärung sucht er durch Thierversuche zu stützen. Es liegt wohl vorläufig kein Grund vor, die Brauchbarkeit der Mosso'schen Methode zu bezweifeln.

Eine zweite Methode, um über die Ermüdung des Gehirns Aufschluss zu erhalten, hat zuerst Sikorsky[2]) eingeschlagen;

1) Vergl. Mosso, Ueber die Gesetze der Ermüdung etc. Archiv für Anat. u. Physiol.; physiologische Abtheilung, 1890, Supplement S. 89 ff. — Derselbe, Die Ermüdung. Aus dem Italien. von J. Glinzer, Leipzig 1892.

2) Sikorsky, Sur les effets de la lassitude provoquée par les travaux intellectuels chez les enfants de l'âge scolaire. Annales d'hygiène publique, 1879, T. II, S. 458.

später wurde dieselbe von Burgerstein[1]), Höpfner[2]), Laser[3]) und Kraepelin[4]) aufgenommen und zum Theil abgeändert.

Sikorsky liess durch eine grössere Anzahl von Schülern am Anfange und Schluss der Unterrichtsstunde ein kurzes Dictat ausführen. Unter dem Einflusse der Ermüdung vermehrten sich die Fehler um 33 %. Auf je 100 Buchstaben berechnet, stiegen sie nach Höpfner, der ähnliche Versuche anstellte, von 0,9 bis 6,4 %. Burgerstein liess vier Reihen einfacher Additions- und Multiplicationsaufgaben durch Schulkinder von 11—13 Jahren lösen. Zwischen den einzelnen Arbeitszeiten lag eine Pause von 5 Minuten. Der ganze Versuch dauerte 55 Minuten. Das Resultat in Bezug auf die Güte der Arbeitsleistung war, dass am Schlusse der Stunde die angebrachten Verbesserungen auf 162 %, die Rechnungsfehler auf 177 % gestiegen waren.

Dieselbe Methode schlug Laser ein und fasste seine Resnltate folgendermaassen zusammen:

1. Die Zahl der gerechneten Ziffern, also die Leistungsfähigkeit, ist in der ersten Stunde am niedrigsten.

2. Die Leistungsfähigkeit nimmt bis zur dritten, resp. vierten Stunde zu, und lässt in der vierten, resp. fünften Stunde wieder nach.

3. Die Fehlerzahl steigt bis zur vierten Stunde, fällt in der fünften.

4. Die Correcturenzahl wächst bis zur fünften Stunde.

5. Knaben haben weniger gerechnet als Mädchen.

6. Knaben haben mehr Correcturen gemacht als Mädchen.

7. Die Fehlerzahl ist bei Knaben und Mädchen beinahe gleich gross.

8. Die Anzahl derer, welche fehlerfrei gerechnet haben, nimmt bis zur fünften Stunde ab.

1) Burgerstein, Die Arbeitscurve einer Schulstunde. Zeitschrift für Schulgesundheitspflege, 1891, Nr. 9, S. 544 ff. und Nr. 10, S. 607 ff.

2) Höpfner, Ueber die geistige Ermüdung von Schulkindern. Zeitschrift für Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane, 1893, VI, S. 191.

3) Laser, Ueber geistige Ermüdung beim Schulunterrichte. Zeitschrift für Schulgesundheitspflege, 1894, S. 2 ff.

4) Kraepelin, Ueber geistige Arbeit. Jena, Fischer, 1894.

Kraepelin arbeitete mit Studenten und Assistenten, und zwar in der Weise, dass er je 10 Personen mehrere Stunden hindurch einstellige Ziffern addiren liess. Alle 5 Minuten wurde ein Zeichen gegeben; dann machte der Rechner einen Strich unter die zuletzt addirte Zahl. Von den Versuchspersonen addirte die langsamste 140, die schnellste 384 Ziffern in 5 Minuten. Daraus ergibt sich zunächst, dass die Geschwindigkeit des Rechnens in hohem Grade individuell ist, und dies dürfte auch für andere geistige Beschäftigungen, beispielsweise für das Auswendiglernen zutreffen. Kraepelin prüfte die Rechnungen nicht auf ihre Richtigkeit und meint, dass sich bei einer Prüfung möglicherweise das umgekehrte Verhältnis zwischen »Fixigkeit und Richtigkeit« herausstellen würde.

Ueber den Werth derartiger Methoden zur Beurtheilung geistiger Ermüdung könnten Zweifel entstehen.

Jede geistige Arbeit wird nämlich wesentlich durch die Uebung beeinflusst. Dies trifft auch für das Rechnen zu, und der ursprünglich langsam Rechnende kann schneller rechnende Personen einholen und überflügeln. Man darf aber wohl nicht ohne weiteres die Arbeitsgeschwindigkeit als Ausdruck der persönlichen Eigenart betrachten, falls man nicht genau weiss, mit welchem Maass von Uebung infolge früherer Einflüsse die Person an die Aufgabe herantritt. Allein die Uebungsfähigkeit ist begrenzt: je häufiger die Wiederholung, desto geringer der Zuwachs an Arbeitsgeschwindigkeit. Bei Kraepelin's Versuchen steigerte sich bei einer Person die Arbeitsleistung vom ersten zum zweiten Versuche um 25 %, vom zweiten zum dritten Versuche um 15 %, vom dritten zum vierten Versuche um 6 %.

Es wird also für jeden Menschen eine Grenze geben, über welche hinaus eine Steigerung der Arbeitsgeschwindigkeit durch Uebung nicht mehr erzielt wird.

Auf dieser Stufe werden die einzelnen Personen mit einander vergleichbar sein. — Im Allgemeinen lässt sich annehmen, dass die Uebung in Bezug auf geistige Leistung bei der Mehrzahl gleichalteriger Schüler derselben Bildungsstufe eine gleiche ist, und es lassen sich daher ganz wohl die genannten Methoden

zur Bestimmung der Leistungsfähigkeit und Ermüdung in der Schule verwerthen, namentlich wenn man auch die Fehler in den Aufgaben berücksichtigt.

Eine dritte Methode zur Ermittelung der Ermüdung bei geistiger Arbeit habe ich selbst versucht. Sie fusst auf der von mir beobachteten, bisher, wie es scheint, unbekannten Thatsache, dass Hirnermüdung die Sensibilität der Haut herabsetzt[1]). Die Fähigkeit, Tasteindrücke räumlich zu unterscheiden, verdanken wir dem Ortssinne. Diese Fähigkeit ist begrenzt, und die Grenze ist für verschiedene Hautgebiete verschieden. Die ersten Untersuchungen über den Ortssinn und die ersten Messungen desselben stammen von E. H. Weber[2]). Derselbe bestimmte, »wie klein die Entfernung zweier gleichzeitig die Haut treffender punktförmiger Eindrücke gemacht werden kann, ohne dass ihre gesonderte Wahrnehmung aufhört; mit anderen Worten, welches der minimale Abstand zweier Hautpunkte ist, deren Reizung noch deutlich verschiedene Ortsvorstellungen erweckt.« Diese Minimaldistanz wird nach Fechner Raumschwelle genannt. Die Messungsmethode Weber's besteht in Folgendem: Die abgestumpften Spitzen eines Zirkels werden gleichzeitig und leise auf die Haut gesetzt. Man verkleinert die Zirkelöffnung so lange, bis beide Eindrücke in der Wahrnehmung verschmelzen. Bei beginnender Verschmelzung der beiden Eindrücke werden dieselben als Linie empfunden.

An den Extremitäten fand Weber den Ortssinn verschieden, je nachdem die Zirkelspitzen in der Richtung der Längs- oder Querachse der Extremität auf die Haut gesetzt wurden. In letzterem Falle ergab sich eine bedeutendere Feinheit des Ortssinnes.

1) Ueber derartige Beobachtungen habe ich in der Literatur nichts finden können. Herr Prof. L. Hermann in Königsberg, mit dem ich über diese interessante Thatsache correspondirte, und dessen Erklärungen, die ich in Nachstehendem weiter ausführe, ich völlig beipflichte, theilte mir in einem Briefe vom 25. Juni 1894 mit, dass auch ihm derartige Beobachtungen bisher nicht bekannt geworden seien.

2) Vergl. Hermann's Handbuch der Physiologie, 1880, Bd. III, Theil 2.

Später haben Vierordt und seine Schüler[1]) die Feinheit des Ortssinnes als Function der Beweglichkeit des untersuchten Körpertheiles betrachtet. Sie geben an, dass die Feinheit proportional dem Abstande des Untersuchungsgebietes von der Drehachse zunimmt. Einfach an solchen Körperstellen, die als Ganzes um eine bestimmte Achse bewegt werden, gestaltet sich das Abhängigkeitsverhältnis complicirter, wenn sich der Körpertheil aus einzelnen Unterabtheilungen zusammensetzt, von denen jede in verschiedener Richtung um eine oder mehrere eigene Achsen beweglich ist. In solchen Fällen ist für den Feinheitswerth des Ortssinnes eines Hautgebietes der Abstand sowohl von der Hauptachse, als auch von der Specialachse maassgebend.

Der Feinheitswerth stellt sich alsdann als die Resultirende aus allen Einzelwerthen dar. Auch Geschwindigkeit und Häufigkeit der einzelnen Bewegungen sind auf die Feinheit des Ortssinnes nicht ohne Einfluss. Nach Valentin sollen dieselben Hautgebiete bei verschiedenen Personen sehr verschiedene Werthe für die Raumschwelle ergeben, während die relativen Werthe für verschiedene Hautstellen annähernd gleich sind. Volkmann[2]) wies nach, dass längere Zeit fortgesetzte Uebung die Feinheit des Ortssinnes beträchtlich zu erhöhen vermag.

Der Ausgangspunkt der Erklärung dafür, dass die Feinheit des Ortssinnes an verschiedenen Körperstellen variirt, liegt in der von Weber aufgestellten Hypothese der sogenannten Empfindungskreise. Als anatomischen Empfindungskreis definirt Weber jedes von einer Nervenfaser durch eine oder mehrere Endigungen versorgte Hautgebiet. Die ganze Hautoberfläche

1) Vierordt, Die Abhängigkeit der Ausbildung des Raumsinnes der Haut von der Beweglichkeit der Körpertheile. Zeitschrift für Biologie, Bd. VI, S. 53 ff. — Kottenkamp und Ullrich, Versuche über den Raumsinn der Haut. Daselbst, S. 37 ff. — Paulus, Versuche über den Raumsinn der Haut der unteren Extremität. Daselbst, Bd. VII, S. 237 ff. — Riecker, Versuche über den Raumsinn der Haut des Unterschenkels. Daselbst, Bd. IX, S. 95 ff. — Derselbe, Versuche über den Raumsinn der Kopfhaut. Daselbst, Bd. X, S. 177 ff. — Hartmann, Der Raumsinn der Haut des Rumpfes und des Halses. Daselbst, Bd. XI, S. 79 ff.

2) Berichte der Kgl. sächsischen Ges. der Wissensch., 1858, zu vergl. Hermann's Handbuch der Physiologie.

betrachtet er daher »als eine continuirliche Mosaik solcher stehender Empfindungskreise von verschiedenem Durchmesser, je nach dem Umfange des jeder Nervenfaser zukommenden Gebietes.« An nervenreichen Hautstellen ist der Durchmesser der Empfindungskreise kleiner als an solchen, die von spärlich vorhandenen und weiter auseinander gelegenen Nervenfasern versorgt werden.

Von diesen anatomischen Grössen muss man die physiologischen Empfindungskreise unterscheiden, welche Vorstellungsbilder der erregten Hautgebiete in unserem Bewusstsein sind, und vermöge derer das letztere ein Tastfeld von bestimmter Ausdehnung fühlt.

Alle Umstände, die in irgend welcher Weise das Bewusstsein beeinflussen, müssen daher auch die physiologischen Empfindungskreise verändern. Diese Grössen sind somit variabel. Bei Blindgeborenen oder in früher Jugend Erblindeten ist die Unterscheidungsfähigkeit des Tastsinnes bedeutend erhöht. Treten im Bereiche der Sinnesorgane noch andere Mängel hinzu, so sucht der Tastsinn auch diese auszugleichen. Bei blinden Taubstummen (Laura Bridgman sei als bekanntes Beispiel erwähnt) erreicht der Tastsinn eine 2—3 Mal grössere Schärfe als bei normalen Individuen. Uebung und Aufmerksamkeit erhöhen ebenfalls das Unterscheidungsvermögen des Tastsinnes, verkleinern also die Empfindungskreise, wobei aber gleichzeitig bemerkt werden muss, dass Abstumpfung der Aufmerksamkeit dem Einflusse der Uebung entgegenwirkt. Die Einwirkung lokaler Anaesthetica und narcotisirender Gifte auf das Unterscheidungsvermögen des Tastsinnes kann hier übergangen werden [1]).

Da die Aufmerksamkeit im Augenblicke des Versuches einen verkleinernden Einfluss auf die physiologischen Empfindungskreise ausübt, so ist es sehr begreiflich, dass geistig ermüdete Personen, die mit zunehmender Abspannung immer weniger Aufmerksamkeit besitzen, eine entsprechende Vergrösserung der physiologischen Empfindungskreise zeigen.

---

1) Vergl. Kremer in Pflüger's Archiv, Bd. XXXIII, S. 271.

Daher liegt in der Prüfung des Empfindungsvermögens der Haut mittels des als Aesthesiometer dienenden Zirkels eine Methode zur Ermittelung geistiger Ermüdung, und die bei der Prüfung erhaltenen, in irgend einem Maasssystem ausgedrückten Zahlenwerthe, verglichen mit denjenigen, welche sich im Zustande physiologischen Gleichgewichtes bei der Prüfung ergeben, bilden ein Maass für den Grad der Ermüdung.

Es fragt sich nun, wie kommt die Veränderlichkeit der physiologischen Empfindungskreise zu Stande? Auf diese Frage

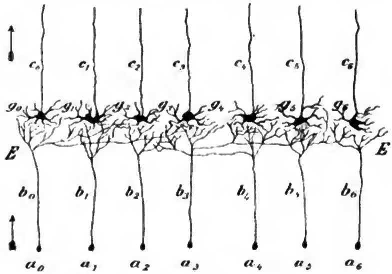


Fig. 1.

scheint mir die beste Antwort diejenige zu sein, welche L. Hermann[1]) gibt. Dieser Forscher erklärt die Veränderlichkeit der physiologischen Empfindungskreise durch centrale Irradiation, d. h. durch mangelhafte Isolation der Erregungen, vermöge deren ein erregter Punkt als ein erregtes Kreisfeld erscheinen muss.

Schematisch kann man sich die Sache folgendermaassen darstellen: a_0 bis a_6 (Fig. 1) seien die einzelnen Nervenendorgane (Tastkörperchen der Haut etc.), b_0 bis b_6 die sensiblen Nervenfasern, mit Hilfe deren die Reize centripetal geleitet werden, *EE* seien die Endkölbchen, welche durch Contact gewisse Ganglienzellen, g_0 bis g_6, der grauen Nervensubstanz im Rückenmarke,

1) L. Hermann, Lehrbuch der Physiologie, 9. Aufl., S. 467.

oder gewisse Nervenkerne im Gehirn erregen. Ein weiteres System von sensiblen Fasern, c_0 bis c_6, welches aus diesen Ganglienzellen entspringt, umgreift mit seinen Endarborisationen die sensiblen Zellen der Grosshirnrinde. Möglicherweise können sich solche Unterbrechungen wie *EE* auf dem Wege zu den sensiblen Hirnrindenzellen mehrfach wiederholen. Jede der Ganglienzellen g_0 bis g_6 wird sowohl von näher gelegenen, als auch von entfernteren *b*-Fasern erreicht und erregt. Jede *b*-Faser kann also principiell alle *c*-Fasern erregen, doch ist anzunehmen, dass, je länger die beanspruchten *E*-Fasern, um so grösser auch die Widerstände sind, so dass, wenn a_3, beziehungsweise g_3 erregt wird, c_3 am stärksten, c_2 und c_4 schwächer, c_1 und c_5 etc. noch schwächer erregt werden.

Die Projection auf die Haut (Fig. 2) stellt also eine kreisförmig, an einzelnen Körperstellen ellipsenförmig um a_3 ausgebreitete Empfindung dar. Angenommen, dieselbe sei noch merklich auf drei Intervalle, so entsteht ein Empfindungskreis um a_3, der sich in jeder Richtung bis zum dritten Endorgan, also im Durchmesser gezeichnet von a_0 bis a_6 erstreckt (Fig. 2).

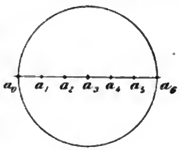


Fig. 2.

Diese Länge, welche sechs Intervalle umfasst, kann beispielweise an der Haut der Stirn 5 mm, an der der Fingerbeere 2 mm betragen. Die Empfindung in einem solchen Kreise muss aber in der Mitte am stärksten sein und in irgend einer Curve, deren Ordinaten (Fig. 3) Empfindungsintensitäten sein sollen, abfallen.

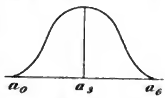


Fig. 3.

Werden nun zwei benachbarte Hautpunkte gleichzeitig erregt, so entstehen zwei Empfindungskreise, welche entweder von einander getrennt sind (Fig. 4), oder sich gerade berühren (Fig. 5), oder mehr oder weniger in einander greifen (Fig. 6).

Stellen wir für einen Punkt *p*, der zwei Empfindungskreisen angehört (Fig. 6), die Intensität der Erregung, die von jedem Centrum einzeln ausgeübt wird, durch je eine in diesem Punkte errichtete Ordinate dar, so ist die Intensität der Gesammterregung

in diesem Punkte, der beiden Kreisen angehört, durch die Summe der beiden Ordinaten gegeben. Wiederholt man die Construction für jeden derartigen Punkt, der in zwei Kreisen liegt, so erhält man zu den zwei Curven, welche die Intensität der Erregung von den Centren einzeln angeben, noch eine dritte Curve, welche die Vertheilung derjenigen Intensität veranschaulicht, welche

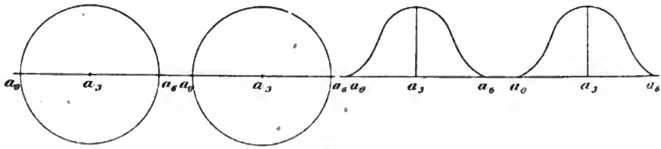


Fig. 4.

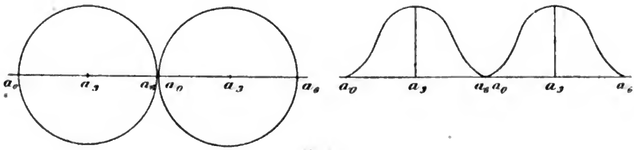


Fig. 5.

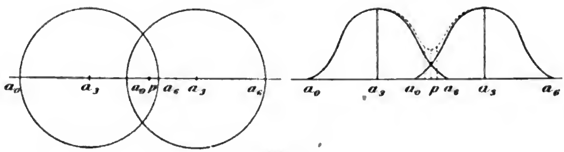


Fig. 6.

aus den beiden ersteren Intensitäten resultirt. Die Gestalt der dritten Curve ist natürlicher Weise abhängig von der Gestalt der zwei ersten Curven und der Entfernung ihrer Centren. Diese dritte Curve kann eine Einbuchtung zeigen und zwei Maxima aufweisen. Die Einbuchtung ist um so seichter, je mehr die beiden ersten Curven sich übereinander schieben. Schliesslich kann die Einbuchtung verschwinden und ein einziges Maximum auftreten (Fig. 7).

In Bezug auf die Empfindung ist nun Folgendes zu bemerken. Ganz getrennt werden beide Zirkelspitzen gefühlt, wenn die beiden Empfindungskreise sich nicht oder sich gerade berühren, denn dann wird kein Punkt von zwei Stellen aus gereizt.

Rücken sich beide Empfindungskreise näher, so dass sie ineinander greifen, so werden die in beiden liegenden Punkte von beiden Centren aus gereizt und die beiden Intensitäten addiren sich. Die Curve, welche die resultirende Intensitätsvertheilung darstellt, zeigt also zwei Maxima, zwischen welchen eine Einsenkung liegt. Ist diese Einsenkung im Vergleich zu den Maximis hinreichend tief, so wird immer noch doppelt empfunden; je weniger tief aber die Einsenkung im Vergleich zu den Maximis wird, desto undeutlicher wird die Doppelempfindung, bis sie schliesslich, wenn die Einsenkung ganz verschwindet und die resultirende Curve nur ein Maximum zeigt, trotz zweier Reize zu einer Empfindung verschmilzt, die dann einen höheren Stärkegrad als die vorhergegangenen Empfindungen besitzt.

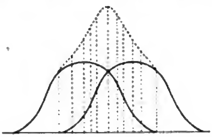


Fig. 7.

Zwei Erregungen einer Hautstelle werden also um so leichter unterschieden:

1. je weiter die Reize von einander rücken;
2. je grösser die Aufmerksamkeit und die Uebung ist;
3. je schwächer ceteris paribus die Reize sind.

In Bezug auf den letzten Punkt ist zu bemerken, dass bei zunehmender Stärke der Reize der Radius der Empfindungskreise wächst, so dass sie immer mehr in einander dringen. Bei gleicher Lage des Mittelpunktes muss daher im Falle schwacher Reize um so deutlicher Doppelempfindung eintreten, je kleiner der Radius ist.

Experimentell kann man mit Hilfe eines der Versuchsperson in die Hand gegebenen Stiftes diejenige Stelle der Haut angeben lassen, an welcher die resultirende stärkste Intensität stattfindet, ebenso diejenigen Stellen, an welchen, wenn getrennt empfunden

wird, die Maxima der Erregungen liegen; diese brauchen nicht mit den Erregungscentren zusammenzufallen.

Bei meinen Untersuchungen über die Vergrösserung der Empfindungskreise bei geistiger Ermüdung wählte ich folgende Hautstellen:

1. Glabella;
2. Jochbein { hinten (Arcus zygomaticus), Mitte, vorne (Processus frontalis);
3. Nasenspitze;
4. Roth der Unterlippe;
5. Daumenballen der rechten Hand;
6. Kuppe des rechten Zeigefingers (Fingerbeere).

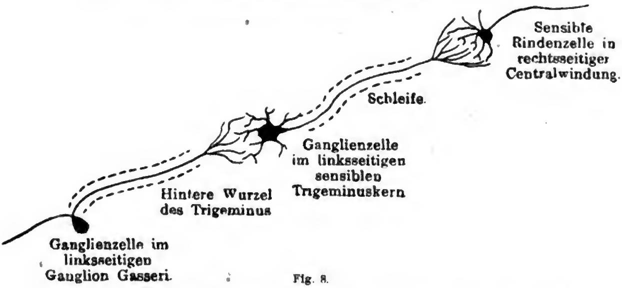


Fig. 8.

Die genannten Hautgebiete des Gesichtes werden sämmtlich von sensiblen Trigeminusfasern versorgt. Aus dem sensiblen Trigeminuskern der einen Körperhälfte verlaufen nach O. Hösel[1]) Fasern, gemischt mit solchen aus den Hinterstrangkernen, durch die Schleife zur Rinde der Centralwindungen der anderen Körperhälfte. Wenn sich diese Angaben bestätigen, dann bilden die Centralwindungen ein sensibles Rindencentrum für den Trigeminus. Man könnte sich die Verbindung schematisch etwa so vorstellen, wie Fig. 8 es zeigt. Vom Daumenballen und der

1) O. Hösel, Die Centralwindungen, ein Centralorgan der Hinterstränge und des Trigeminus. Archiv für Psychiatrie, Bd. XXIV, 1892, S. 452 ff.

Zeigefingerkuppe, welche vom Nervus medianus innervirt werden, verläuft die Erregung durch das Rückenmark etwa in der Weise, wie es von Lenhossek[1]) annimmt.

Bei Ausführung der Versuche habe ich zweierlei Zirkel verwendet, nämlich solche mit sehr scharfen Spitzen und solche, deren Spitzen kugelförmig abgeschliffen worden waren. Die Werthe, welche man mit letzteren erhält, sind im Allgemeinen etwas grösser als diejenigen, welche die scharfen Spitzen ergeben. In den nachstehenden Tabellen habe ich in einzelnen Fällen beide Werthe verzeichnet. — Ich stellte die Versuche in der Weise an, dass ich die Schenkel des Zirkels bald in geringerem, bald in weiterem Abstande von einander leise und unter gleichem Druck senkrecht zur Hautfläche auf die betreffende Körperstelle setzte und diejenige Entfernung aufsuchte, bei welcher zwei Eindrücke als ein Eindruck empfunden wurden. Um die Aufmerksamkeit während des Versuches rege zu erhalten und der Gewöhnung an die Reize entgegenzuwirken, berührte ich bald mit beiden Spitzen, bald nur mit einer Spitze, namentlich auch dann, wenn die Versuchsperson in der Angabe ihrer Empfindung unsicher war. Der schliesslich gefundene Grenzwerth, bei welchem trotz zweier Eindrücke eine Doppelempfindung nicht mehr eintrat, wurde in Millimetern notirt. Alle Messungen wurden natürlich in der Weise ausgeführt, dass die Versuchsperson die Zirkelspitzen nicht beobachten konnte. Es ist bekannt, dass man verschiedene Werthe erhält, wenn man von grösseren zu kleineren Abständen und umgekehrt von kleineren zu grösseren Abständen übergeht; ferner ergeben sich an ein und derselben Hautstelle verschiedene Werthe, je nachdem man die Spitzen in der Längs- oder Querrichtung aufsetzt. Da es sich bei meinen Untersuchungen zunächst nur um den Nachweis handelt, dass geistige Ermüdung die physiologischen Empfindungskreise vergrössert, also die Sensibilität herabsetzt, so habe ich von den verschiedenen Methoden der Messung Ab-

1) M. von Lenhossek, Der feinere Bau des Nervensystems im Lichte neuester Forschungen. Fortschritte der Medicin, 1892, Bd. X, im Separat-Abdruck S. 135.

stand genommen. Alle in Nachstehendem gegebenen Zahlen beziehen sich auf den kleinsten Abstand, bei welchem zwei in der Querrichtung zur Längsachse des Kopfes, beziehungsweise der Extremität ausgeübte Eindrücke einfach empfunden wurden. Die Untersuchungen erstrecken sich namentlich über Schüler verschiedener Klassen der Ober-Realschule und des Gymnasiums in Mülhausen.[1]) Um aber darüber ein Urtheil zu gewinnen, in welchem Grade sich die durch die Anforderungen der Schule hervorgerufene geistige Ermüdung von der bei anderweitiger geistiger Beschäftigung auftretenden Hirnermüdung unterscheidet, dehnte ich die Untersuchungen auch auf andere Personen aus, nämlich

1. auf mit guter Schulbildung ausgerüstete Lehrlinge, die Morgens und Nachmittags Rechnungen und Correspondenzen in verschiedenen Sprachen erledigen,

2. auf junge Männer, die stundenlang praktisch in der mechanischen Weberei thätig sind, wobei sie ihre Aufmerksamkeit bald auf das Muster und das Gewebe, bald auf den Gang des Webstuhles zu richten haben,

3. auf junge Leute, die in Maschinenwerkstätten bei angestrengter körperlicher Arbeit ihre Aufmerksamkeit der Construction des anzufertigenden Maschinentheiles zuwenden müssen.

Die Messungen bewerkstelligte ich Morgens und Nachmittags vor dem Beginn und nach Schluss der Arbeit; bei den Schülern wurden sie überdies nach jeder Lehrstunde wiederholt. In der Ober-Realschule habe ich die Messungen auch während einer schriftlichen und mündlichen Prüfung angestellt, mit welcher die Erlangung des Zeugnisses zum einjährigen Heeresdienste verknüpft ist. Endlich habe ich bei einigen Lehrern vor und nach dem Unterricht Messungen gemacht. Um die physiologischen Normalen für die genannten Hautstellen festzustellen, wählte ich arbeitsfreie Zeiten (Sonn- und Feiertage) und wiederholte die Messungen zu verschiedenen Tageszeiten, wobei sich herausstellte, dass Schwankungen der Sensibilität unter normalen Verhältnissen entweder nicht, oder nur in sehr geringem Grade

1) Der verehrl. Direction dieser beiden Anstalten spreche ich für ihr freundliches Entgegenkommen meinen verbindlichsten Dank aus.

vorkommen. Die Genauigkeit, mit welcher ich alle Versuche anstellte, ergibt hinsichtlich der physiologischen Normalen, dass die von mir gefundenen Werthe für die genannten Hautgebiete in den meisten Fällen niedriger sind, als sie bisher in der Literatur verzeichnet wurden. Dies erklärt sich wohl dadurch, dass geistige Ermüdung bei den bisherigen Untersuchungen über den Raumsinn nicht berücksichtigt wurde. Ob die physiologischen Normalen im männlichen und weiblichen Geschlechte verschiedene Werthe aufweisen, darüber habe ich bisher keine Beobachtungen angestellt. Bei Schülern zwischen dem vollendeten elften und neunzehnten Lebensjahre finde ich nur geringe Unterschiede. Nachstehende Tabelle I enthält die Mittelwerthe aus den Messungen an je 10 Individuen. In einigen Fällen habe ich Störungen in der

Tabelle I.

Lebensjahr		11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.
Glabella	sp. W [1])	2,5	4	4,5	4,6	4,6	4	3,5	3,5	3
Nasenspitze . . .	» »	1,5	1,5	2	2	3	2,5	2	2	2
Roth der Unterlippe	» »	1	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2	1,5
Jugum (Mitte) . .	» »	4	4,5	5	5	5,5	5	4,5	4	4
Daumenballen . .	» »	3,5	3,5	3,5	4	4,5	4	3	4	3,5
Fingerbeere . . .	» »	1	1	1	1,5	1,5	1	1	1,5	1,5

Sensibilität wahrnehmen können, in der Art, dass mehr Eindrücke gefühlt, als Zirkelspitzen auf die Haut gesetzt wurden, ferner dass mehrfach eine Vergrösserung des Spitzenabstandes als Verringerung, und andererseits Verringerung desselben als Vergrösserung empfunden wurde. Eine Entscheidung, ob in solchen Fällen eine pathologisch beeinflusste Erregbarkeit der Versuchsperson vorlag, oder ob lediglich geistige Arbeit die Ursache für diese Erscheinungen war, konnte nicht erbracht werden. Es ist jedoch zu bemerken, dass die genannten Störungen sich nach mehrstündigem Unterricht, nicht aber in arbeitsfreier Zeit geltend machten.

Zur Wiederherstellung des normalen Empfindungsvermögens der Haut nach dem Aufhören angestrengter geistiger Thätigkeit,

1) sp. W. bedeutet bei allen Angaben die mit scharfen Zirkelspitzen, st. W. die mit abgeschliffenen Spitzen ermittelten Werthe.

also auch zur vollständigen geistigen Erholung, ist je nach dem Grade der Ermüdung und je nach der physischen und psychischen Beschaffenheit des Individuums eine verschieden lange Zeit erforderlich. In sehr vielen Fällen reichen die gebräuchlichen Erholungspausen zwischen den Lehrstunden nicht aus, um die Sensibilität auf den normalen Zustand zurückzuführen. Bei aufmerksamen, rege dem Unterricht folgenden Schülern hält sich daher die Herabsetzung des Empfindungsvermögens während der aufeinanderfolgenden Schulstunden entweder auf gleicher Stufe, oder die Sensibilität wird noch mehr geschwächt. In vielen Fällen habe ich gefunden, dass die normale Empfindlichkeit nach zweistündiger Mittagspause um 2 Uhr Nachmittags, nach angestrengtem Morgenunterricht, noch nicht zurückgekehrt war, und dass die Herabsetzung des Empfindungsvermögens während des Nachmittagsunterrichtes häufig ihren höchsten Grad erreicht. Der Unterrichtsstoff und die Behandlung desselben sind auf die geistige Ermüdung nicht ohne Einfluss.

Im Allgemeinen ist dieselbe beim Unterrichte in den alten Sprachen, in der Geschichte und in den mathematischen Fächern am bedeutendsten, und zwar um so bedeutender, je mehr Gedächtnisleistungen verlangt werden. Eine weise Vertheilung der Unterrichtsfächer scheint daher geboten. Leider habe ich bis jetzt nicht Gelegenheit gehabt, die Ermüdung der Schüler während ihrer häuslichen Arbeiten zu studiren; doch ist es mir aufgefallen, dass manche Schüler, insonderheit diejenigen der mittleren und oberen Klassen, beim Beginne des Morgenunterrichtes, namentlich dann, wenn dieser, wie es leider vielfach Sitte ist, im Sommer auf 7 Uhr festgesetzt wird, mit einem nicht unbedeutend herabgesetzten Empfindungsvermögen behaftet sind. Diese Erscheinung führt zu der Vermuthung, dass die Schlafzeit in solchen Fällen eine unzureichende war.

Die vergleichenden Untersuchungen an den oben näher bezeichneten Personen lehren, dass bei diesen eine so bedeutende geistige Ermüdung, wie sie während des Schullebens beobachtet wird, nicht auftritt. Sobald die Concentration der Hirnthätigkeit auf ein bestimmtes Arbeitsgebiet nachlässt, beginnt die Erholung,

und mit ihr kehrt die normale Sensibilität der Haut allmählich zurück. Um daher bei Messungen, welche die Sensibilitätsverminderung während der Gehirnarbeit feststellen sollen, möglichst genaue Resultate zu erhalten, müssen dieselben gleich nach Schluss der Arbeitszeit ausgeführt werden.

Einigermaassen genaue Resultate lassen sich nur dann erzielen, wenn ein und derselbe Experimentator die Untersuchung unter Berücksichtigung nur weniger Hautstellen auf höchstens zwei bis drei Versuchspersonen ausdehnt. Durch energische und anhaltende geistige Thätigkeit ohne genügende Erholungspausen scheint das Empfindungsvermögen dauernd herabgesetzt zu werden; es kann daher eine dauernd verminderte Sensibilität ein diagnostisches Mittel für geistige Ueberbürdung sein.

Ich will nun die Resultate meiner Messungen hier näher betrachten; bemerkt sei noch, dass ich bei allen Personen, die hier zur Besprechung gelangen, wenn thunlich Angaben über die Körperbeschaffenheit und, soweit es sich feststellen liess, auch über die geistige Begabung hinzufüge.

R. H. (Tab. II), Schüler der Untertertia (Ober-Realschule), 13 Jahre alt (nähere Angaben später), kam an einem schulfreien Nachmittage, und ohne dass er sich vorher geistig beschäftigt hatte, um 4 Uhr zur Messung. Er erhielt darauf eine Privatstunde in Mathematik, in welcher er geometrische Constructionen an der Tafel vorzunehmen und im Kopfe zu rechnen hatte.

Tabelle II.

	4 Uhr		5 Uhr	
	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.
Glabella	3,5	4	10,5	13,5
Nasenspitze	2	2	4	5
Lippenroth	1,5	1,5	2,5	3
Jochbein (Mitte)	5	5	13,5	15
Daumenballen r.	4	4,5	8	11
Fingerbeere r.	1,5	2	2,5	2,5

Ich lasse nun zunächst einige Tabellen folgen, in denen sich die Zahlen der ersten Spalte auf die Messung nach mehreren

wissenschaftlichen Schulstunden, zwischen denen Pausen von 10—15 Minuten liegen, die der zweiten Spalte auf die Messung nach mehrstündiger Erholung in schulfreier Zeit beziehen.

Tabelle III.

A. B.	12 Uhr Mittags nach 5 Lehrstunden		4 Uhr Nachm. ohne vorh. geist. Besch.	
Alter 11 J. Cl. Quinta	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.
Glabella	10	11	4	4,5
Nasenspitze	5	6	2,5	3
Lippenroth	2	2,5	1,5	1,5
Jochbein (Mitte)	16	17	6	7
Daumenballen r.	9,5	10	4	5
Zeigefingerbeere r.	3,5	3,5	1,5	1,5

Tabelle IV.

R. L.	12 Uhr Mittags nach 5 Lehrstunden		4 Uhr Nachm. ohne vorh. geist. Besch.	
Alter 11 J. Cl. Quinta	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.
Glabella	13	14	4	4,5
Nasenspitze	4	5	2	2
Lippenroth	2	2	1	1
Jochbein (Mitte)	12,5	15	5	6
Daumenballen r.	9	9,5	3	3,5
Zeigefingerbeere r.	2	2,5	1	1

Tabelle V.

C. F.	12 Uhr Mittags nach 5 Lehrst.	6½ Uhr Abends ohne vorherige geistige B.
Alter 12. Cl. Quinta	sp. W.	sp. W.
Glabella	10	4
Nasenspitze	4	2
Lippenroth	3,5	1,5
Jochbein (Mitte)	14	5
Daumenballen r.	10	5
Zeigefingerbeere r.	3,5	1,5

Tabelle VI.

J. L.	12 Uhr Mittags nach 5 Lehrst.	4 Uhr Nachm. ohne vorherige geistige B.
Alter 12. Cl. Quinta	sp. W.	sp. W.
Glabella	13,5	5
Nasenspitze	5	3
Lippenroth	4	2
Jochbein (Mitte)	17	6
Daumenballen r.	10	5,5
Zeigefingerbeere r.	3	1,5

Tabelle VII.

M. W.	12 Uhr Mittags nach 5 Lehrstunden	6½ Uhr Abends ohne vorh. geist. B.
Alter 12 J. Cl. Quinta	sp. W.	sp. W.
Glabella	12	3,5
Nasenspitze	4[1])	1,5
Lippenroth	2	1
Jochbein (Mitte)	16,5[2])	3,5
Daumenballen r.	8	4
Zeigefingerbeere r.	2,5	1

In Tabelle VIII und IX sind die Messungen an 2 Schülern der zweiten Oberrealklasse (Unterprima) verzeichnet, und zwar in der ersten Spalte nach dreistündiger Arbeit in einer Schlossereiwerkstätte, in der zweiten Spalte nach 3 wissenschaftlichen Lehrstunden und in der dritten Spalte nach längerer Erholung ohne vorherige geistige Beschäftigung.

Tabelle VIII.

M. D.	Nachm. 5 Uhr nach 3stünd. Schlosserarb.	Morgens 10 Uhr nach 3 Lehrstund.	4 Uhr Nachm. ohne vorh. geistige B.
Alter 17½ J. Cl. I_2	sp. W.	sp. W.	sp. W.
Glabella	4,5	13	4,5
Nasenspitze	3	4	2,5
Lippenroth	1,5	4	1,5
Jochbein (Mitte)	4	19	3
Daumenballen r.	7,5	12	3
Zeigefingerbeere r.	2,5	3	1

1) Es finden sich Störungen der Sensibilität; bei 5 mm Entfernung werden statt 2 Eindrücken 4 empfunden.

2) Bei 17 bis 19 mm Entfernung werden bei 2 Eindrücken 3 gefühlt.

Tabelle IX.

A. G.	Nachm. 5 Uhr nach 3 stünd. Schlosserarb.	Morgens 10 Uhr nach 3 Lehrstund.	7 Uhr Abends ohne vorh. geistige B.
Alter $17^1/_2$ J. Cl. I_2	sp. W.	sp. W.	sp. W.
Glabella	4	12	3,5
Nasenspitze	3	5	2
Lippenroth	2	4	2
Jochbein (Mitte)	5,5	18	5
Daumenballen r.	8,5	11	5
Zeigefingerbeere r.	2,5	3	1,5

Aus den Tabellen VIII und IX ist Zweierlei zu ersehen: 1. dass das Empfindungsvermögen durch mechanische Thätigkeit weit weniger als durch geistige Thätigkeit beeinträchtigt wird und 2. dass wenn eine Verminderung bei mechanischer Thätigkeit eintritt, dieselbe hauptsächlich lokal ist und sich auf Anstrengung einzelner unter der Haut gelegener Muskeln zurückführen lässt.

Tabelle II gibt den interessanten Aufschluss, dass schon nach einer Stunde angestrengter Geistesarbeit eine erhebliche Herabsetzung des Empfindungsvermögens eintritt. Die Zahlenwerthe sind von denjenigen in Tabelle III, IV und V wenig unterschieden, obgleich sich die letzteren auf eine fünfstündige Arbeitszeit beziehen. Dies kann jedoch nicht Wunder nehmen, wenn man bedenkt, dass in einer Privatstunde die Hirnarbeit des Schülers eine viel intensivere sein muss, weil er fortwährend allein in Anspruch genommen wird. —

Ich komme nun zu den Resultaten, welche durch die Messungen nach jeder Unterrichtsstunde gewonnen wurden, wobei ich die sich entsprechenden Classen des Gymnasiums und der Oberrealschule zusammenstelle.

Wenn man die Maasszahlen als Abscissen, die Messungszeiten als Ordinaten in ein rechtwinkeliges Coordinatensystem einträgt, so lässt sich der verschiedene Grad der Sensibilität für jedes Hautgebiet durch eine Curve darstellen, aus deren Verlauf zugleich die Zu- und Abnahme der geistigen Ermüdung durch die verschiedenen Unterrichtsfächer erkennbar ist.

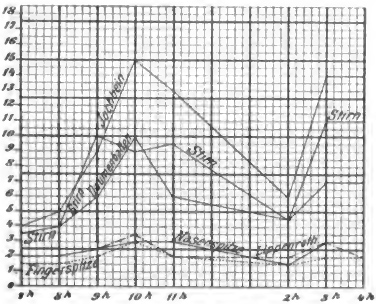
Oberrealschule. Cl. V.

Schülerzahl 33, Zahl der wöchentlichen Schulstunden 30, festgesetzte durchschnittliche tägliche häusliche Arbeitszeit 1½ Stunden, **tägliche Beanspruchung des Schülers seitens der Schule 6½ Stunden.**

1. **C. F.** (Derselbe Knabe wie in Tab. V.) Alter V. 1881, Körperlänge 148 cm, Gewicht 37 kg, Haar blond, Augen blau, Begabung und Fleiss ziemlich gut. Bemerkungen: Nichts auffälliges. Zu Bette ½10 Uhr, aufgestanden um 6 Uhr.

Tabelle X.

Lehrplan		7—8 Naturgesch.	8—9 Rechnen	9—10 Geograph.	10—11 Turnen	11—12 frei	Mittagspause	2—3 Rechnen	3—4 Arb.-Stunde	Sonntags
Messungszeiten	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h		2 h	3 h	4 h	11 h
sp. W.					stark erhitzt					
Glabella	3,5	4	10	9	9,5		4,5	11	11	3,5
Nasenspitze	2	2	2,5	3	3		1,5	3	3	2
Roth der Unterlippe	2	2	2,5	3,5	2		2	3	2	1,5
Jochbein (Mitte)	4	5	9	15	13		6	14	14	3,5
Rechter Daumenballen	4	4	6	10	6		4,5	7	7	4
Rechte Zeigefingerkuppe	1,5	1,5	2	3	2		1,5	2	2	1



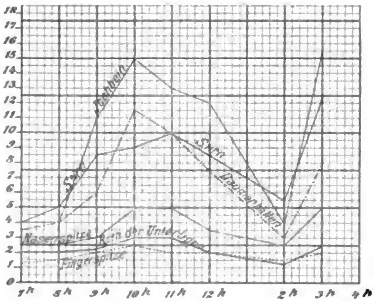
Aus der Tab. X ist ersichtlich, dass die Werthe vor dem Beginn des Morgenunterrichtes annähernd mit denjenigen, die an einem Sonntage gewonnen wurden, übereinstimmen. Beim

Beginne des Nachmittagsunterrichtes hat eine völlige Erholung nicht stattgefunden. Während des Unterrichtes wird die Sensibilität um das Dreifache schwächer. Die Curven steigen von 8 bis 9, beziehungsweise 10 Uhr und von 2 bis 3 Uhr steil an.

2. **X. F.** Alter VIII. 1881, Körperlänge 146 cm, Gewicht 38 kg, Haar braun, Augen braun, Begabung und Fleiss gut. Bemerkungen: Blasse Gesichtsfarbe, Panniculus schwach entwickelt, manchmal Nasenbluten. Zu Bett nach 9 Uhr, aufgestanden ½6 Uhr.

Tabelle XI.

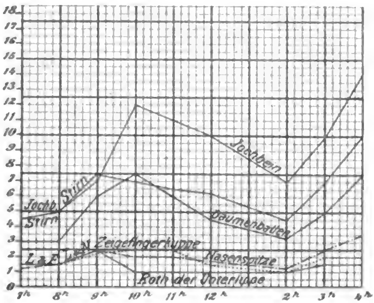
Lehrplan		7—8 Naturgesch.	8—9 Rechnen	9—10 Geograph	10—11 Turnen	11—12 Singen	Mittagspause	2—3 Rechnen	3—4 frei	Sonntags
Messungszeiten	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h	12 h	2 h	3 h		11 h
sp. W.					etwas erhitzt					
Glabella	4	5	8,5	9	10	8,5	5,5	12,5		3,5
Nasenspitze	2,5	2,5	3	5	5	3,5	2,5	5		2
Roth der Unterlippe	2	2	2,2	3	3	2	1,2	2,5		1,5
Jochbein (Mitte)	4	4	11	15	13	12	4	15,5		3
Rechter Daumenballen	3,5	4	6	11,5	10	7,5	3	8		3,5
Rechte Zeigefingerkuppe	1,2	1,5	2	2,5	2	2	1,5	2		1



3. **M. W.** (Derselbe Knabe wie in Tab. VII.) Alter IV. 1882, Körperlänge 138 cm, Gewicht 36 kg, Haar blond, Augen blau, Begabung mittelmässig, Fleiss mittelmässig. Bemerkungen: Nervöse Unruhe und erhöhte Reflexerregbarkeit. Zu Bett nach 9 Uhr, aufgestanden 6 Uhr.

Tabelle XII.

Lehrplan		7—8 Naturgesch.	8—9 Rechnen	9—10 Geograph.	10—11 Turnen	11—12 Singen	Mittagspause	2—3 Rechnen	3—4 Arb.-Stunde	Sonntags
Messungszeiten	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h	12 h	2 h	3 h	4 h	11 h
sp. W.										
Glabella	4,5	5	7,5	7	6,5	6	4,5	6,5	10	3
Nasenspitze	1,2	1,5	2,5	2	2	2	1,3	2,5	3,5	1
Roth der Unterlippe	1,5	1,5	2,5	1	1	1	1	1,5	1,5	1
Jochbein (Mitte)	5	5	7	12	11	10	7	10[1]	14[2]	3,5
Rechter Daumenballen	3	3	6	7,5	6	4,5	3,5	5	7,5	3
Rechte Zeigefingerkuppe	1,5	1,5	2,2	2	2	1,5	1	2	2	1



In der Tabelle XII liegen die physiologischen Normalen unter den Werthen um 7 Uhr Morgens und 2 Uhr Nachmittags. Die Herabsetzung der Sensibilität ist während des Nachmittagsunterrichtes am bedeutendsten. Die Curven verlaufen namentlich in Tab. XI steil. Interessant ist es, dass die Werthe während des Turnunterrichtes relativ hoch bleiben.

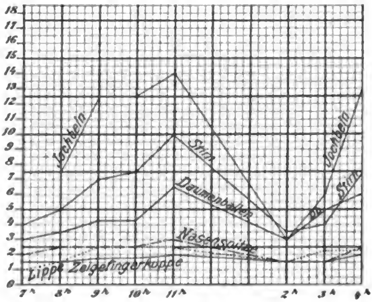
4. A. B. (Derselbe Knabe wie in Tab. III.) Alter VII. 1882, Körperlänge 138 cm, Gewicht 32 kg, Haar braun, Augen graublau, Begabung ziemlich gut, Fleiss gering. Bemerkungen: Anaemisches Aussehen, schlaffer Orbicularis oculi, starke Epheliden im Gesicht, Panniculus und Muskulatur recht mangelhaft entwickelt, gebraucht zeitweise roburirende Arzeneimittel. Zu Bette nach 9 Uhr, aufgestanden um 6 Uhr.

1) Bei 11 mm Entfernung werden 2 Eindrücke als 3 empfunden.

2) Bei 16 mm Entfernung werden 2 Eindrücke als 5 empfunden, auf verschiedene Stellen der Backe vertheilt.

Tabelle XIII.

Lehrplan		7–8 Natur-gesch.	8–9 Fran-zösisch	9–10 Deutsch	10–11 Deutsch	11–12 frei	Mittags-pause	3–3 Natur-gesch.	3–4 Arb.-Stunde	Sonntag
Messungszeiten	7h	8h	9h	10h	11h		2h	3h	4h	11h
sp. W.										
Glabella	4	5	7	7,5	10		3,5	4	7,5	3,5
Nasenspitze	2	2,5	2,5	2,5	3		1,5	1,5	2,5	1,5
Roth der Unterlippe . .	1	1,5	2,5	2,5	2,5		1,5	2,5	2,5	1
Jochbein (Mitte) . . .	7,5	7,5	12,5	12,5	14		3	6	13	5
Rechter Daumenballen .	3	3,5	4	4	6,5		3	5	6	3
Rechte Zeigefingerkuppe	1,5	1,5	1,5	1,5	2		1,5	1,5	2	1



In Tab. XIII, der ein anderer Unterrichtsplan zu Grunde liegt, da der Schüler sich in der Parallelabtheilung der V. Klasse befindet, erscheinen die Werthe Morgens 7 Uhr im Vergleich zu den physiologischen Normalen zu hoch. Die Curven steigen aber im Verlaufe des Unterrichtes weniger steil an wie in den Tab. X und XI.

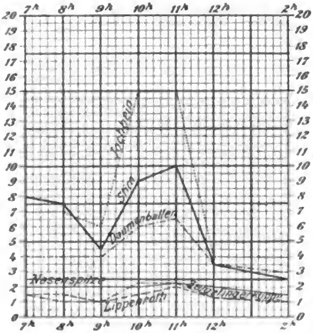
Gymnasium. Cl. V.

Schülerzahl 35, Zahl der wöchentlichen Schulstunden 30, festgesetzte durchschnittliche tägliche häusliche Arbeitszeit 1½ Stunden, tägliche Beanspruchung des Schülers seitens der Schule 6½ Stunden.

1. **F. K.** Alter VII. 1883, Körperlänge 138 cm, Gewicht ?, Haar blond, Augen braun, Begabung und Fleiss gut. Bemerkungen: Orbicularis oculi schlaff, stark injicirte Scleralgefässe, Epheliden im Gesichte.

Tabelle XIV.

Lehrplan			7—8 Französ.		8—9 Zeichnen		9—10 Rechnen		10—11 Latein		11—12 Schreiben		Mittagspause			Kein Nachmitt.-Unt.	Sonntags
Messungszeiten	7 h		8 h		9 h		10 h		11 h		12 h			2 h			10h
Sp. W. u. st. W.																	
Glabella	8	8,5	7,5	7,5	4,5	5	9	10,5	10	12	3,5	3,5		2,5	3		Nicht gemessen
Nasenspitze	2	2,5	2	2,5	2	2	2	2,5	2,2	3	2	2		1,5	2		
Roth d. Unterlippe	1,5	1,5	1,5	1,5	1	1	1,5	1,5	2	2	1,2	1,2		1	1		
Jochbein (Mitte)	7	9	7	9,5	6	7,5	15	16	15	17	4	5		4	4,5		
Rechter Daumenballen	4	5	4	5	4	4,5	6	7	6,5	7,5	3,5	3,5		3	3,5		
Rechte Zeigefingerkuppe	1,5	1,5	1	1	1	1	2,2	2,2	2,2	2,2	1,3	1,3		1	1		



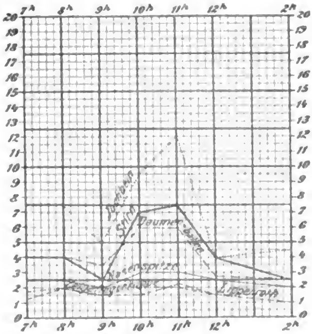
Die Tab. XIV zeigt den interessanten Fall, dass die Werthe Morgens 7 Uhr höher sind, als nach der ersten und zweiten Unterrichtsstunde. Dazu muss bemerkt werden, dass der Schüler, welcher für 6 Uhr 45 Minuten Morgens bestellt war, in Folge eines Missverständnisses schon um 6 Uhr 15 Minuten zur Schule kam. Er war gegen 5 Uhr aufgestanden und hatte zweifelsohne zu wenig geschlafen. Nachdem die Sensibilität bis 9 Uhr zugenommen hat, vermindert sie sich alsdann erheblich und ist um 11 Uhr am geringsten. Während der letzten Stunde tritt schnell Erholung ein, und die Maasszahlen um 2 Uhr dürfen als physiologische Normalen betrachtet werden. — Die Werthe Morgens 7 Uhr wurden noch an einem anderen Tage ermittelt; es ergaben sich dann allerdings niedrigere, im Vergleich mit den Normalen aber immer noch zu hohe Zahlen, nämlich: Glabella 5 und 6; Nasenspitze 2 und 2; Lippe 1,5 und 1,5; Jochbein 6

und 7; Daumenballen 4 und 5; Fingerkuppe 1,5 und 1,5. Dieser Umstand führt zur Vermuthung, dass die Nachtruhe für den betreffenden Schüler im Allgemeinen zu kurz bemessen ist.

2. **E. M.** Alter III. 1883, Körperlänge 142 cm, Gewicht ?, Haar blond, Augen blaugrau, guter Fleiss bei ziemlich guter Begabung. Bemerkungen: Orbicularis oculi etwas schlaff, linker Unterkieferwinkel mit Naevus, etwas blasse Gesichtsfarbe. Der Schüler pflegt gegen 9 Uhr zu Bette zu gehen und um 6 Uhr aufzustehen.

Tabelle XV.

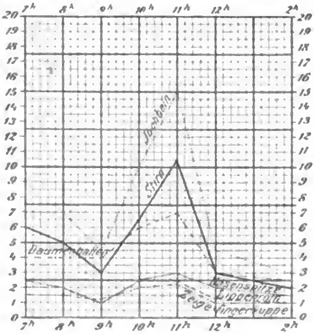
Lehrplan			7—8 Französich		8—9 Zeichnen		9—10 Rechneu		10—11 Latein		11—12 Schreiben		Mittagspause			Kein Nachm.-Unterricht	Sonntags	
Messungszeiten	7 h		8 h		9 h		10 h		11 h		12 h			2 h			10 h	
sp. W. u. st. W.																		
Glabella . .	4	5	4	5	2,5	3,5	7	8	7,5	8,5	4	5		2,5	3		2,5	3
Nasenspitze .	2,5	2,5	2,5	2,5	2	2	3	3,5	3	3,5	2,5	2,5		2	2		1,5	2
Roth d. Unterlippe . .	1,5	1,5	2	2	1,5	1,5	1,5	2	2,5	2,5	1,5	1,5		1	1		1	1
Jochbein (Mitte) . .	7,5	8	7,5	8	5	5,5	9,5	10	12	13	4	4,5		4,5	5		4	5
Rechter Daumenballen	4	5	4	5	3,5	4	6	6,5	6	6,5	2,5	3		2,5	2,5		2	3
Rechte Zeigefingerkuppe	2	2	2	2	1,5	1,5	2	2	2	2	1,5	1,5		1	1		1	1



3. **J. F.** Alter VI. 1883, Körperlänge 136 cm, Gewicht 32 kg, Haar dunkelblond, Augen braun, Begabung und Fleiss mittelmässig. Bemerkungen: Nichts Auffälliges. Zu Bette ½10 Uhr, aufgestanden um 6 Uhr.

Tabelle XVI.

Lehrplan			7—8 Französisch		8—9 Freistunde		9—10 Rechnen		10—11 Latein		11—12 Schreiben		Mittagspause			Kein Nachm.-Unterricht	Sonntags	
Messungszeiten	7 h		8 h		9 h		10 h		11 h		12 h			2 h			11 h	
sp. W. u. st. W.																		
Glabella . .	6	6,5	5	5,5	3	4	6,5	7,5	10,5	11	3	4		2	2,5		2	3
Nasenspitze .	2,5	2,5	2	2	1	1	2,5	3	3	3	2	2		1,5	1,5		1,5	1,5
Roth d. Unterlippe . .	2,5	2,5	2	2,5	1	1	2,5	2,5	2,5	2,5	1,3	1,5		1	1,5		1	1,5
Jochbein (Mitte) . .	7	8	7	8	4,5	5	10	12	15	18	4,5	5		3	4		3	3,5
Rechter Daumenballen	4	5	4	5	4	5	6	7	7	8,5	3	4		2,5	3		2,5	3,5
Rechte Zeigefingerkuppe	1,5	2	1,5	2	1,2	1,5	2	2	2,2	2,5	1	1		1	1		1	1,5



Die verhältnismässig hohen Werthe, welche die Tab. XVI Morgens 7 Uhr zeigte, führen zur Vermuthung, dass die Nachtruhe des Schülers eine ungenügende war. Im Uebrigen ist das Sinken der Werthe nach der Freistunde um 9 Uhr recht interessant. Vergleicht man die Messungen an den Schülern mit gleichem Lehrplan unter einander, so findet man zwar individuelle Verschiedenheiten, im Allgemeinen ist jedoch, wie die Tab. X, XI und XII zeigen, eine gewisse Aehnlichkeit im Auf- und Absteigen der Curven nicht zu verkennen. Auch in den Tab. XIV, XV, XVI ist eine solche Aehnlichkeit vorhanden. In der Gymnasial-Quinta erreichen die meisten Curven nach der lateinischen Stunde, in der Real-Quinta nach der Rechen-, beziehungsweise der Geographiestunde ihr Maximum.

Ein Vergleich zwischen den Gymnasiasten und den Realschülern fällt zu Gunsten der ersteren aus; denn 1. halten sich

bei ihnen die Curven weniger lange auf gleicher Höhe und 2. ist die Erholung durch den Ausfall des Nachmittagsunterrichtes einheitlicher und andauernder.

Zwischen den Maximis der Curven besteht in der Classe Quinta beider Anstalten kein erheblicher Unterschied.

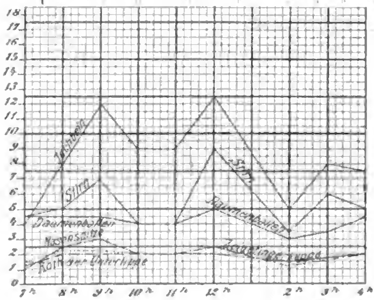
Oberrealschule. Cl. IV.

Schülerzahl 31, Zahl der wöchentlichen Schulstunden 32, festgesetzte durchschnittliche tägliche häusliche Arbeitszeit 1 Stunde 40 Minuten, tägliche Beanspruchung des Schülers seitens der Schule 7 Stunden.

1. G. F. Alter I. 1881, Körperlänge 149 cm, Gewicht 45½ kg, Haar dunkelblond, Augen braun, Begabung gut, Fleiss genügend. Bemerkungen: Nichts Auffallendes. Schlafzeit 10 bis 6 Uhr.

Tabelle XVII.

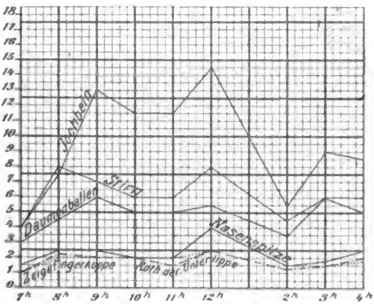
Lehrplan		7—8 Deutsch	8—9 Zeichnen	9—10 Zeichnen	10—11 Schreiben	11—12 Französisch	Mittagspause		2—3 Geschichte	3—4 Turnen	Ferientag	
Messungszeiten	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h	12 h		2 h	3 h	4 h	11 h	
sp. W.											sp. W.	st. W.
Glabella . . .	4,5	5	7	4	4	9		3,5	6	5	3,5	3,5
Nasenspitze . .	1	2,5	3	2	2	2		1,5	2	2	1,5	2
Roth d. Unterlippe	1,2	2	2	2	2	2,5		1,2	1,5	2	1,5	1,5
Jochbein (Mitte) .	4	8	12	9	9	12,5		5	8	7,5	3,5	4
Ballen des rechten Daumens . .	4,5	4,5	4,5	4	4	5		3	3,5	4,5	3	3,5
Kuppe des rechten Zeigefingers .	1,5	2,2	2,2	2	2	2,5		1,5	2	2	1	1



2. **R. D.** Alter III. 1880, Körperlänge 133 cm, Gewicht 33 kg, Haar blond, Augen blau, Begabung mittelmässig, Fleiss gering. Bemerkungen: Blasses Aussehen, scharfe Gesichtszüge, Orbicularis oculi schlaff, zahlreiche Hautfalten in der Umgebung der Augen und auf der Stirn, Panniculus und Muskulatur mangelhaft entwickelt. Schlafzeit 10 bis 6 Uhr.

Tabelle XVIII.

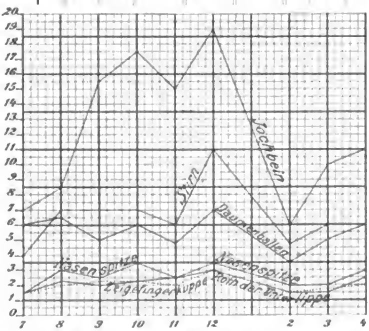
Lehrplan		7—8 Deutsch	8—9 Zeichnen	9—10 Zeichnen	10—11 Schreiben	11—12 Französisch	Mittagspause	2—3 Geschichte	3—4 Turnen	Sonntags					
Messungszeiten	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h	12 h	2 h	3 h	4 h	10 h 30		3 h		6 h 30	
sp. W.										sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.
Glabella . .	4	8	7	6	6	8	4,5	6	6	4,5	5	4,5	5,5	4	4,5
Nasenspitze .	1,5	2,2	2,5	2	2	4	1,5	1,8	2,5	1,5	2	1,5	2	1,5	2
Roth d. Unterlippe . .	1	2,5	2	2	1,5	2,5	1,2	1,5	2	1	1	1	1	1	1
Jochbein (Mitte) . .	4	7,5	13	11,5	11,5	14,5	5,5	9	8,5	4	4,5	5	5	4,5	5
Ballen des r. Daumens	3	4,5	6	5	5	5,5	3,5	6	5	3	3,5	3	4	3	4
Kuppe des r. Zeigefing.	1	2	2	2	2	2,5	1,2	1,5	1,8	1	1	1	1	1	1



3. **J. S.** Alter 13, Körperlänge 152 cm, Gewicht 45 kg, Haar dunkelblond, Augen blau, Begabung mittelmässig, Fleiss genügend. Bemerkungen: Anaemisches Aussehen, wechselt die Farbe auffallend, hat sehr weite Pupillen. Schlafzeit 10 bis 1/26 Uhr.

Tabelle XIX.

Lehrplan		7—8 Deutsch	8—9 Zeichnen	9—10 Zeichnen	10—11 Schreiben	11—12 Französisch	Mittagspause		2—3 Geschichte	3—4 Turnen	Sonntags	
Messungszeiten	7h	8 h	9 h	10 h	11 h	12 h		2 h	3 h	4 h	11 h	
											sp. W.	st. W
Glabella . . .	4	7	7	7	6	11		4,8	6	6	2	3
Nasenspitze . .	1,5	3	2,5	3	2,5	3,5		2	2	3	1,5	1,5
Roth d. Unterlippe	1,5	2,2	2	2,2	2,5	3		1,5	1,5	2,5	1	1
Jochbein (Mitte) .	7	8,5	15,5	17,5	15	19		6	10	11	3	4
Ballen des recht Daumens . .	6	6,5	5	6	4,8	7		3,5	5	6	2	2,5
Kuppe des recht. Zeigefingers .	1,5	2	2,2	2,2	2	3		1,5	1,8	2	1	1



In der Classe IV der Ober-Realschule erreichen die Curven während des Nachmittagsunterrichtes nur geringe Höhe. Die physiologischen Normalen sind in zwei Fällen (Tab. XVII u. XVIII) von den Maasszahlen Morgens 7 Uhr und nachmittags 2 Uhr wenig verschieden; nur bei dem Schüler, dessen Maasse in Tab. XIX gegeben sind, liegen sie unter den Werthen für 7 Uhr und 2 Uhr. Auch ist der Unterschied in der Sensibilität, namentlich an der Glabella, und dem Jugum in arbeitsfreier Zeit (Sonntag) und nach Unterrichtsschluss um 12 Uhr ein auffallend grosser. — In Tab. XVIII zeigen die drei Sonntagsmessungen, dass irgend eine nennenswerthe Tagesschwankung der Sensibilität unter normalen Verhältnissen nicht besteht.

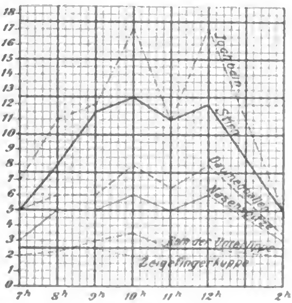
Gymnasium. Cl. IV.

Schülerzahl 21, Zahl der wöchentlichen Schulstunden 32, festgesetzte durchschnittliche tägliche häusliche Arbeitszeit 1½ Stunden, **tägliche Beanspruchung des Schülers seitens der Schule 6 Stunden 55 Minuten.**

1. **P. W.** Alter 19. V. 1882, Körperlänge 142 cm, Gewicht 36 kg, Haar hellblond, Augen braun, Begabung und Fleiss gut. Bemerkungen: Welker Orbicularis oculi, Haut in der Umgebung des Auges in viele Falten gelegt, Lid- und Scleralgefässe injicirt, weite Pupillen, es besteht Ohrenfluss aus dem rechten Ohre, Panniculus schwach entwickelt. Schlafzeit 9 bis 6 Uhr.

Tabelle XX.

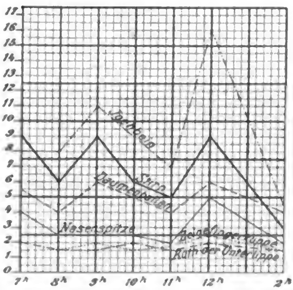
Lehrplan		7—8 Naturlehre		8—9 Latein		9—10 Geometrie		10—11 Geographie		11—12 Latein		Mittagspause			K. Nachm.-Unt.
Messungszeiten	7 h		8 h		9 h		10 h		11 h		12 h		2 h		
Sp. W. u. st. W.															
Glabella	5	6	8	9	11,5	11,5	12,5	13	11	11,5	12	12	5	6	Messungen am Sonntage konnten wegen Erholungsreise des Schülers nicht angestellt werden.
Nasenspitze	3	4	5	6,5	5	6,5	6	6,5	5	5,5	6	7	3	4	
Roth d. Unterlippe	2	2,5	2,2	2,5	3	3,5	3,5	3,5	2,5	2,5	2,5	3	2	2,5	
Jochbein (Mitte)	7	7,5	11	11	12	14	17	18	11	11,5	17	18	5	6	
Ballen des r. Daumens	5	5,5	6	8	6	8	8	9,5	6,5	7,5	8	10	3,5	4	
Kuppe des r. Zeigefingers	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2	2	2	2	2	2,5	2	2,5	



2. **P. Sch.** Alter VII. 1882, Körperlänge 145 cm, Gewicht 35 kg, Haar hellblond, Augen blau, Begabung und Fleiss ziemlich gut. Bemerkungen: Haut über dem Orbicularis oculi zeigt Falten, markirte Züge um Nase und Mund, Gesicht mit starken Epheliden; nervöse Unruhe des Kopfes und leichtes Zittern der Hände lässt Innervationsschwäche einzelner Muskelgruppen vermuthen. Schlafzeit 8¼ bis 6 Uhr.

Tabelle XXI.

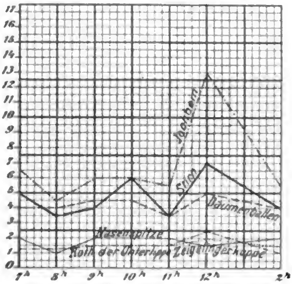
Lehrplan			7—8 Naturlehre		8—9 Latein		9—10 Geometrie		10—11 Geograph.		11—12 Latein		Mittagspause			Kein Nachm.-Unterricht	Sonntags	
Messungszeiten	7 h		8 h		9 h		10 h		11 h		12 h			2 h			10 h	
	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.		sp. W.	st. W.		sp. W.	st. W.
Glabella	9	10	6	7	9	10	6	6,5	5	5,5	9	11		3	3,5		3	3,5
Nasenspitze	4	5	2,5	3	2,5	3	2,5	3	2	2,5	5	6		2	2		1,5	2
Roth d. Unterlippe	2	2,5	1,5	2	1,5	2	2	2	1,5	1,5	2	2,5		1,5	2		1,5	1,5
Jochbein (Mitte)	8	9	8	9	11	12	9	10	7	8	16	16		4,5	5		4	4,5
Ballen des r. Daumens	5,5	5,5	4	4,5	6	7,5	5	6	4	5	6	7,5		4	4,5		3	4
Kuppe des r. Zeigefing.	2	2	1,5	2	2	2,5	1,5	1,5	1,8	1,8	3	2,5		1,5	1,5		1	1



3. **K. M.** Alter III. 1881, Körperlänge 151 cm, Gewicht 36 kg, Haar braun, Augen braun, Begabung und Fleiss mittelmässig. Bemerkungen: Hautgefässe der Augenlider stark injicirt, Stirn mit longitudinalen Falten, Panniculus und Muskulatur schwach entwickelt, übrigens frische Gesichtsfarbe. Schlafzeit 10½ bis 6 Uhr. (!)

Tabelle XXII.

Lehrplan			7–8 Naturlehre		8–9 Latein		9–10 Geometrie		10–11 Geograph.		11–12 Latein		Mittagspause			Kein Nachm.-Unterricht	Sonntags	
Messungszeiten	7 h		8 h		9 h		10 h		11 h		12 h			2 h			10 h	
	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.		sp. W.	st. W.		sp. W.	st. W.
Glabella . .	5	6	3,5	3,5	4	5	6	6,5	3,5	4	7	8		4	4,5		3	3
Nasenspitze .	2	2,5	1	1,5	2	2	2	2	2	2	2,5	3		1,8	2		1	1
Roth d. Unterlippe . .	1,2	1,5	1,2	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2,5	3		1	1,5		1	1
Jochbein (Mitte) . .	6,5	7,5	4,5	5	6	7	6	7	5,5	6	13	15		5,5	6		4	4,5
Ballen des r. Daumens	4	5	4	5	4,5	6	4,5	6	3,5	4	5	6		4	5		3	4
Kuppe des r. Zeigefing.	1,2	1,5	1,2	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2	3		1,5	2		1	1



In den Tab. XX bis XXII fallen die hohen Zahlen Morgens 7 Uhr unliebsam auf. Während die meisten Curven in Tab. XX von 7 bis 8 Uhr steigen, fallen sie in den beiden anderen Tabellen zu dieser Zeit; übrigens ist der Wechsel im Steigen und Fallen der Curven in allen drei Tabellen recht interessant. Wenn man die Messungsresultate für die Klasse IV der beiden Lehranstalten vergleicht, so findet man, dass bei den Gymnasialschülern die Sensibilität im Allgemeinen durch den Morgenunterricht bedeutender herabgesetzt wird als bei den Realschülern.

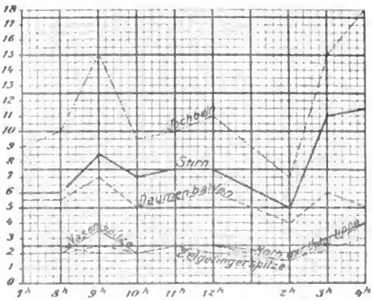
Oberrealschule. Cl. III (Untertertia).

Schülerzahl 40, Zahl der wöchentlichen Schulstunden 32, festgesetzte durchschnittliche tägliche häusliche Arbeitszeit 1 Stunde 45 Minuten, tägliche Beanspruchung des Schülers seitens der Schule 7 Stunden 5 Minuten.

1. **R. G.**, Kaufmannssohn. Alter V. 1880, Körperlänge 150 cm, Gewicht 42 kg, Haar blond, Augen blau, Begabung und Fleiss ziemlich gut. Bemerkungen: Panniculus schwach entwickelt, sonst nichts Auffallendes. Der Schüler ist gegen 11 Uhr zu Bette gegangen und morgens 6 Uhr aufgestanden (!)

Tabelle XXIII.

Lehrplan		7—8 Geograph.	8—9 Turnen	9—10 Deutsch	10—11 Algebra	11—12 Religion	Mittagspause		2—3 Rechnen	4—3 Französisch	Ferientag		
Messungszeiten	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h	12 h		2 h	3 h	4 h	11 h	3 h	7 h
sp. W.			Schüler ist sehr stark erhitzt.										
Glabella . . .	6	6	8,5	7	7,5	7,5		5	11	11,5	4,5	5	5
Nasenspitze . .	2	2	3,5	2	2,5	2,5		2,5	3	4	2	2	2
Roth der Unterlippe . . .	2	2	2,5	2	2,5	2,5		1,5	2,5	3	1,5	1,5	1,5
Jochbein (Mitte)	9	10	15	9,5	10	11		7	15	18	6	6	5,5
Ballen d. recht. Daumens . .	5,5	5,5	7	5	5,5	6		4	6	5	5	4,5	4,5
Kuppe d. recht. Zeigefingers .	2,5	2,5	2	2	2,5	2		1,5	2	2,5	1,5	1,5	1,5

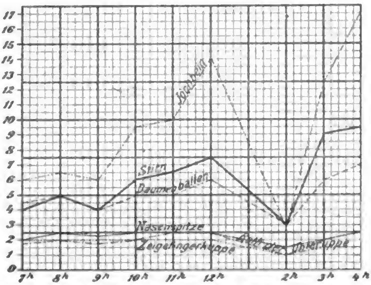


2. **R. H.** (Derselbe Schüler wie in Tab. II.) Alter V. 1881, Körperlänge 145 cm, Gewicht 43 kg, Haar blond, Augen braun, Begabung und Fleiss

ziemlich gut. Bemerkungen: Nichts Auffallendes. Schlafzeit 9, bezw. 10 bis 6 Uhr.

Tabelle XXIV.

Lehrplan		7–8 Geograph.	8–9 Turnen	9–10 Deutsch	10–11 Algebra	11–12 Religion	Mittagspause		2–3 Rechnen	3–4 Französisch	Sonntags	
Messungszeiten	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h	12 h		2 h	3 h	4 h	11 h	
sp W											sp W.	st W.
Glabella	4	5	4	6	6,5	7,5 [1])		3	9	9,5	3	3,5
Nasenspitze . .	2	2,5	2,2	2,5	2,5	2,5		1,6	2	2,5	1,5	2
Roth d. Unterlippe	1,8	2	1,8	2	2,5	2,5		1	1,5	1,5	1	1
Jochbein (Mitte) .	6	6,5	6	9,5	10	14		3	12,5	17 [3])	3,5	4,5
Ballen des rechten Daumens . . .	4,5	5	4	5	5	6 [2])		3	6	7 [4])	3	3,5
Kuppe des rechten Zeigefingers . .	2	2	2	2	2	2		1	2	2,5	1	1



In Tab. XXIII deuten die hohen Zahlen um 7 Uhr an, dass die Nachtruhe nicht genügend war. — Die Turnstunde hat nicht nur keine Erholung, sondern ziemlich bedeutende Ermüdung gebracht. Die Werthe um 2 Uhr können noch als normal be-

1) Bei 9 mm Entfernung wurden 2 Eindrücke als 3 gefühlt.

2) Zwischen 7 und 10 mm Entfernung wurden 2 Eindrücke als drei empfunden.

3) Bei 18 bis 20 mm Entfernung wurden bei 2 Eindrücken 3 und mehr empfunden, auch fehlte es an richtigen Angaben über die Vergrösserung und Verkleinerung des Zwischenraumes der Zirkelspitzen.

4) Bei 8 mm Entfernung wurden 2 Eindrücke für 3 gehalten.

trachtet werden. Während des Nachmittagsunterrichtes erreichen die Curven, mit Ausnahme der für den Daumenballen, mit meist steilem Anstieg ihre grösste Höhe. Aus den drei Messungen an einem Ferientage geht wiederum hervor, dass die Sensibilität keine nennenswerthen Tagesschwankungen zeigt. In Tab. XXIV tritt von 9 bis 12 Uhr eine fortwährende Abnahme der Sensibilität ein. Die Werthe um 2 Uhr sind normal, die um 7 Uhr erscheinen zu hoch. Die Curven für den Nachmittagsunterricht sehen denen in Tab. XXIII ähnlich. — Da die Störungen in der Sensibilität in arbeitsfreier Zeit nicht auftreten, so liegt die Vermuthung nahe, dass sie mit der Gehirnermüdung in Zusammenhang stehen.

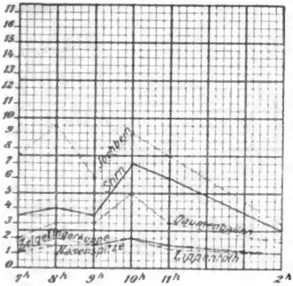
Gymnasium. Cl. III b (Untertertia).

Schülerzahl 34, Zahl der wöchentlichen Schulstunden obligatorisch 32, facultativ 4, festgesetzte durchschnittliche tägliche häusliche Arbeitszeit 2 Stunden, tägliche Beanspruchung des Schülers seitens der Schule 7 Stunden 20 Minuten, beziehungsweise 8 Stunden.

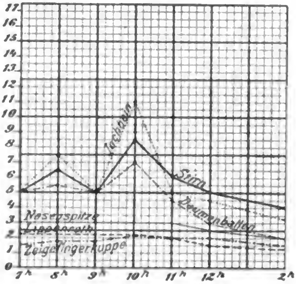
1. G. Ch. Alter IV. 1881, Körperlänge 139 cm, Gewicht 32 kg, Haar blond, Augen blau, Begabung und Fleiss gut. Bemerkungen: Haut in der Umgebung der Augen leicht faltig, Epheliden im Gesichte, sonst nichts Auffallendes. Schüler ging um ½9 Uhr zu Bette, schlief aber erst nach 10 Uhr ein und stand um ½6 Uhr auf.

Tabelle XXV.

Lehrplan			7—8 Latein		8—9 Naturgesch.		9—10 Latein		10—11 Mathematik		11—12 Frei	Mittagspause			Kein Nachm.-Unterricht	Sonntags	
Messungszeiten	7 h		8 h		9 h		10 h		11 h				2 h			½11 h	
	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.			sp. W.	st. W.		sp. W.	st. W.
Glabella . .	3,5	4	4	5	3,5	4	7	9	6	7			2,5	3		3	3
Nasenspitze .	1,5	2	1,5	2	1,5	2	2	2	1,5	2			1	1		1	1
Roth d. Unterlippe . .	1,2	3	1,5	3	1,5	3	2	3,5	1,2	1,2			1	1		1	1
Jochbein (Mitte) .	7,5	9	9,5	10	6	7	9	10	7,5	8			3	4		3	4,5
Ballen des r. Daumens	2	2,5	3	4	3	4	5	7	3	3,5			1,8	2		2	2
Kuppe des r. Zeigefing.	1,3	2	2	2	1,5	2	2	2,5	1,5	1,5			1	1		1	1



Curve zu Tab. XXV.



Curve zu Tab. XXVI.

2. **M. H.** Alter VI. 1880, Körperlänge 150 cm, Gewicht 43 kg, Haar blond, Augen blau, Begabung und Fleiss mittelmässig. Bemerkungen: Epheliden im Gesicht, injicirte Scleralgefässe, sonst nichts Auffallendes. Schlafzeit 9 bis 6 Uhr.

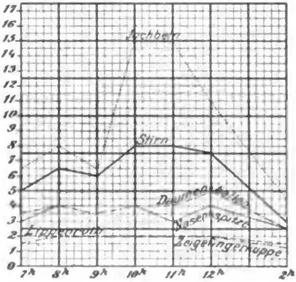
Tabelle XXVI.

Lehrplan			7—8 Latein		8—9 Natur-gesch.		9—10 Latein		10—11 Mathematik		11—12 Religion		Mittagspause			Kein Nachm.-Unterricht	Sonntags	
Messungszeiten	7 h		8 h		9 h		10 h		11 h		12 h			2 h			½11 h	
	sp. W.	st. W	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.	sp. W.	st W.	sp. W.	st. W.		sp. W.	st. W.		sp. W.	st. W.
Glabella . .	5	5	6,5	7,5	5	5	8,5	9,5	6	7	5	5,5		4	4,5		3,8	4
Nasenspitze.	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2,5	2,5		2	2		2	2
Roth d. Unterlippe . . .	2,2	2,2	2,2	2,5	2,5	2,5	2,2	2,5	2	2	1,5	1,5		1,2	2		1,5	2
Jochbein (Mitte) . .	5	7	7,5	8	5	6	11	12	5	6	4,5	5		3,2	3,5		3	3,5
Ballen des r Daumens	5	5	5,5	6	5	5	7	8	4,5	5	3	3,5		2	2,5		2	2,5
Kuppe des r. Zeigefing.	1,5	2	1,8	2,5	1,8	2	2,2	3	2	2	1,5	2		1,2	1,5		1	1

3. **C. B.** Alter VIII. 1881, Körperlänge 143 cm, Gewicht 36 kg, Haar schwarz, Augen braun, Begabung ziemlich gut, Fleiss gering. Bemerkungen: Haut in der Umgebung des Auges mit zahlreichen Falten, Zungenschleimhaut zeigt eigenthümliche tiefe Rillen, im Gesichte Epheliden, Muskulatur wenig entwickelt. Schlafzeit 9 bis 6 Uhr.

Tabelle XXVII.

Lehrplan			7—8 Latein		8—9 Naturgesch.		9—10 Latein		10—11 Mathematik		11—12 Religion		Mittagspause			Kein Nachm.-Unterricht	Sonntags	
Messungszeiten	7 h		8 h		9 h		10 h		11 h		12 h			2 h			11 h	
	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.		sp. W.	st. W.		sp. W.	st. W.
Glabella . .	5	6	6,5	7	6	6,5	8	9	8	9	7,5	8		3	3,5		3	3
Nasenspitze.	3	4	4	4,5	4	4,5	4	5	3	5	4	4,5		2,5	2,5		2	3
Roth d. Unterlippe . . .	2	2	2	2	2	2	2	2,5	2	2,5	2	2		1,5	1,5		1,5	2
Jochbein (Mitte) . .	6,5	7,5	8	8,5	6,5	6,5	15	15	15	15	11	11,5		4,5	5		5	6
Ballen des r. Daumens	3,5	4	4	5	3,5	4	4	5	4	5	5	5,5		2,5	3		3,5	4
Kuppe des r. Zeigefingers	1,5	1,5	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		1,2	1,5		1,5	1,5



Unter den Schülern der III. Classe des Gymnasiums steht derjenige, dessen Maasse in der Tab. XXV verzeichnet sind, am günstigsten. Die Zahlen um 7 Uhr sind mit Ausnahme von denen für das Jochbein normal, und die für 2 Uhr liegen zum Theil noch unter den Sonntagswerthen. Während des Unterrichts ist die Herabsetzung der Sensibilität keine sehr bedeutende. Etwas ungünstiger liegen die Verhältnisse in Tab. XXVI und XXVII. Ein Vergleich zwischen den drei Gymnasiasten und den beiden Realschülern ergibt zwar für die letzteren ein geringeres Arbeitsmaass, allein der mit wissenschaftlichen Fächern belastete Nachmittag fällt zu ihren Ungunsten aus.

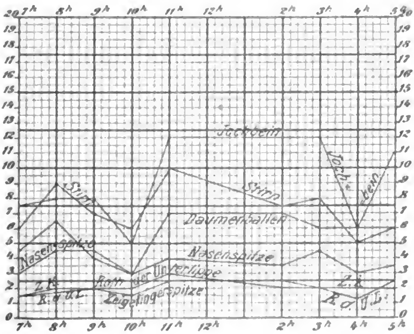
Oberrealschule. Cl. II (Obertertia).

Schülerzahl 32, Zahl der wöchentlichen Schulstunden 32 und 4 Stunden praktische Arbeiten in der Werkstätte, festgesetzte durchschnittliche tägliche häusliche Arbeitszeit 2 Stunden, tägliche Beanspruchung des Schülers seitens der Schule 7 Stunden 20 Minuten, bezw. 8 Stunden.

1. **M. K.** Alter IX. 1880, Körperlänge 160 cm, Gewicht 36 kg, Haar blond, Augen blau, Begabung und Fleiss gut. Bemerkungen: Im Gesichte grosse Epheliden, Orbicularis oculi etwas schlaff, Stirnfalten, manchmal Nasenbluten, medicinirt zeitweise Eisenpillen. Der Schüler ging um 11 Uhr zu Bette und stand um ½6 Uhr auf(!)

Tabelle XXVIII.

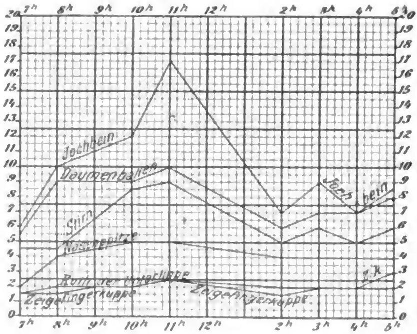
Lehrplan		7—8 Geometrie	8—9 Naturgesch.	9—10 Religion	10—11 Englisch	11—12 frei	Mittagspause		2—3 Naturlehre	3—4 Turnen	4—5 Geograph.	Sonnab.	Nachm.
Messungszeiten	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h			2h	3 h	4 h	5 h	5 h	
sp. W.												sp. W.	st. W.
Glabella	6	9	7	6	10			7,5	8	5	6	3,2	4
Nasenspitze	3	4,5	4,5	3	4			3,5	4,5	3	3,5	2	2,5
Roth d. Unterlippe	1,5	1,8	2	2	3			2	2	1,2	2,5	1,5	1,5
Jochbein (Mitte)	7,5	8	8	5	12			12	12	6	11	5	5,5
Ballen des rechten Daumens	4,5	6,5	4	3	7			7	6	6	6	3	4
Kuppe d. rechten Zeigefingers	1,5	2	2	1,5	2,5			2,5	2	2	2	1	1



2. **H. K.** Alter V. 1878, Körperlänge 168 cm, Gewicht 55 kg, Haar roth, Augen blau, Begabung und Fleiss ziemlich gut. Bemerkungen: Haut auf der Stirn und in der Umgebung der Augen mit Falten, markirte Gesichtszüge, stark geröthete Augenlider, injicirte Scleralgefässe, Panniculus mangelhaft entwickelt, der Schüler hatte zur Zeit der Messungen fast täglich Nasenbluten, der Schlaf ist häufig unruhig und wird durch Aufschrecken unterbrochen. Schlafzeit ½11 bis 6 Uhr (!)

Tabelle XXIX.

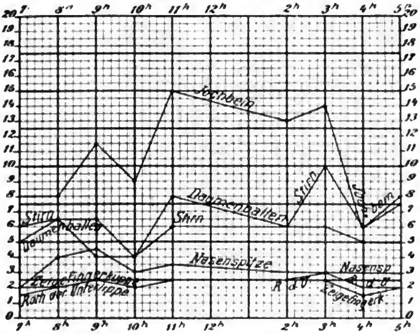
Lehrplan		7—8 Geometrie	8—9 Naturgesch.	9—10 Religion	10—11 Englisch	11—12 frei	Mittagspause		2—3 Naturlehre	3—4 Turnen	4—5 Geograph.	Sonntags	
Messungszeiten	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h			2h	3 h	4 h	5 h	10 h	
sp. W.												sp. W.	st. W.
Glabella	4,5	4,5	6,5	8,5	9			5	6	5	6	3,5	4
Nasenspitze . .	2	4	4,5	5	5			4	4	4	4	1,5	2
Roth d. Unterlippe	1,5	2	2	2	2,5			2	2	2	2	1	1
Jochbein (Mitte) .	6	10	11	12	17			7	9	7	8,5	4	4,5
Ballen des rechten Daumens . . .	5,5	9	9	9	10			6	7	7	8	4,5	5
Kuppe d. rechten Zeigefingers . .	1,5	1,5	2	2	2,5			1,5	2	2	3	1	1,5



3. **L. E.** Alter X. 1879, Körperlänge 150 cm, Gewicht 40 kg, Haar schwarz, Augen braun, Begabung und Fleiss mittelmässig. Bemerkungen: Stirnfalten, öfters Kopfschmerz in der rechten Supraorbitalgegend und öfters Nasenbluten. Schüler pflegt gegen 11 Uhr zu Bette zu gehen und um 6 Uhr aufzustehen. (!)

Tabelle XXX.

Lehrplan		7—8 Geometrie	8—9 Naturgesch.	9—10 Religion	10—11 Englisch	11—12 frei	Mittagspause		2—3 Naturlehre	3—4 Turnen	4—5 Geograph.	Ferientag	
Messungszeiten	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h			2h	3 h	4 h	5 h	11 h	
sp. W.												sp. W.	st. W.
Glabella	6	6,5	4	4	6			6	10	6	7,5	3	3,5
Nasenspitze . .	2	4	4,5	3	3,5			3	3	3	3	1,5	2
Roth d. Unterlippe	1,5	2	2,5	2	2,5			2,5	3	2	2	1,5	2
Jochbein (Mitte) .	8	8	11,5	9	15			13	14	6	8	4,5	5
Ballen des rechten Daumens . . .	5	6,5	6,5	4	8			6	6	5	5	3	4
Kuppe d. rechten Zeigefingers . .	2	2	2,5	2	2,5			2	2	1,5	2	1,5	1,5



In Tab. XXVIII, XXIX, XXX erscheinen die Werthe Morgens 7 Uhr und Nachmittags 2 Uhr gegenüber den physiologischen Normalen viel zu hoch. In Tab. XXVIII und XXIX ist Nachmittags 2 Uhr Erholung kaum eingetreten, obgleich seit dem Schluss des Morgenunterrichtes 3 Stunden verstrichen sind. Die Schüler dieser Classe gehen entschieden zu spät zu Bette, $6^1/_2$ bis 7 Stunden Schlaf sind in der Pubertätszeit zu wenig.

Gymnasium. Cl. III a (Obertertia).

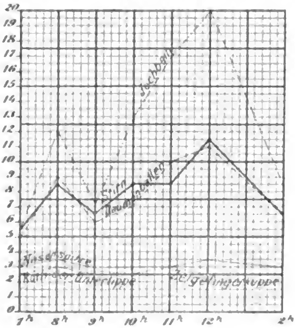
Schülerzahl 22, Zahl der wöchentlichen Schulstunden 32 und 4 facultative Stunden, festgesetzte durchschnittliche häus-

liche Arbeitszeit 2 Stunden, tägliche Beanspruchung des Schülers seitens der Schule 7 Stunden 20 Minuten, bezw. 8 Stunden.

1. **H. H.** Alter IV. 1879, Körperlänge 164 cm, Gewicht $53^{1}/_{2}$ kg, Haar blond, Augen graublau, Begabung ziemlich gut, Fleiss mässig. Bemerkungen: Stark geröthete Lidränder, es besteht Seborrhoe, injicirte Scleralgefässe, Orbicularis oculi schlaff, Panniculus und Muskulatur mangelhaft entwickelt. Schlafzeit 9 bis 6 Uhr.

Tabelle XXXI.

Lehrplan			7—8 Griechisch		8—9 Deutsch		9—10 Französ.		10—11 Geschicht.		11—12 Latein		Mittagspause			K. Nachm.-Unt.	Sonntags	
Messungszeiten	7 h		8 h		9 h		10 h		11 h		12 h			2 h			½12h	
	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.		sp. W.	st. W.		sp. W.	st. W.
Glabella . .	5,5	7	8,5	9	6,5	8	8,5	9	8,5	9	11,5	11,5		6,5	8,5		4,5	5
Nasenspitze .	3	5	3,5	6	3	4,5	3	4,5	3	4,5	3,5	5		3	5		2,5	3
Roth d. Unterlippe . . .	2,5	3	3	4	2,5	2,5	2,5	2,5	3	4	3	4		3	4		2	2
Jochbein (Mitte) . .	5,5	6	12	12	7,2	8	13	14	17	17	20	20		8,5	10		4	5
Ballen des r. Daumens	5	5,5	9	10,5	6	7	7	7,5	10	10	11	12		6,5	7		4,5	5
Kuppe des r. Zeigefing.	2,5	2,5	3	3	2,8	3	2,5	3	3	3	2,5	3		2,5	2,5		2	2

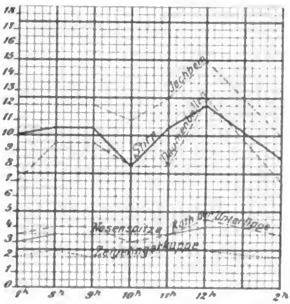


2. **P. F.** Alter V. 1881, Körperlänge 156 cm, Gewicht 45 kg, Haar blond, Augen blau, Begabung und Fleiss gut. Bemerkungen: Der Schüler macht einen sehr nervösen Eindruck, es besteht erhöhte Reflexerregbarkeit,

an Kopf und Gliedmaassen werden zitternde und zuckende Bewegungen wahrgenommen, es besteht Hyperaesthesie, die Eindrücke der Zirkelspitzen werden manchmal schmerzhaft und noch längere Zeit nach erfolgter Wegnahme empfunden, Orbicularis oculi schlaff, Haut um die Augen faltig, Brille —2,75. Von Seiten der Lehrer wird angegeben: Leicht abgelenkt, unruhiges nervöses Wesen. Der Schüler pflegt um 9¼ zu Bette zu gehen und um ¾6 Uhr aufzustehen.

Tabelle XXXII

Lehrplan			7—8 Griechisch		8—9 Deutsch		9—10 Französ.		10—11 Geschicht.		11—12 Latein		Mittagspause			Kein Nachm.-Unterricht	Sonntags	
Messungszeiten	7 h		8 h		9 h		10 h		11 h		12 h			2 h			11 h	
	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.		sp. W.	st. W.		sp. W.	st. W.
Glabella . .	10	11	10,5	11,5	10,5	11,5	8	8	10,5	10,5	12	13		8,5	9		4,5	5
Nasenspitze.	3	3,5	3,5	5,5	3,5	5,5	3,5	5,5	3,5	5,5	4	5		4	5		1,5	2
Roth d. Unterlippe . . .	3,5	4	4	4,5	4	4,5	3	4	3,5	4	4,5	4,5		3,5	4		2	2
Jochbein (Mitte) . .	12	13	12	13	12	13	11 1)	13	12,5	13	15 3)	17		10	11		4,5	5
Ballen des r. Daumens	7	7,5	9,5	12,5	9	12,5	8 2)	8,5	8	8,5	12,5	13		7	8		4,5	5,5
Kuppe des r. Zeigefing.	2	2,5	2,5	3	2	2	2	2	2,5	2,5	2,5	3,5		2	2,5		1	2



1) Bei 12 mm Entfernung (sp. W.) werden 2 Eindrücke als 3 empfunden.

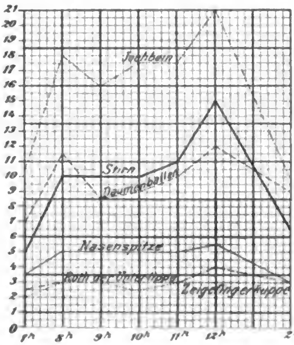
2) Bei 10 bis 12 mm Entfernung werden statt 2 Eindrücke 3 schmerzhafte Stiche empfunden.

3) Bei 16 bis 20 mm Entfernung werden durch 2 Eindrücke mehrere Stiche unangenehm empfunden.

3. **R. H.** Alter VIII. 1879, Körperlänge 171 cm, Gewicht 54½ kg, Haar braun, Augen braun, Begabung und Fleiss mittelmässig. Bemerkungen: Blasse Gesichtsfarbe, sonst nichts Auffallendes. Schlafzeit 9 bis 6 Uhr.

Tabelle XXXIII.

Lehrplan			7—8 Griechisch		8—9 Deutsch		9—10 Französ.		10—11 Geschicht.		11—12 Latein		Mittagspause			K. Nachm. Unt.	Sonntags	
Messungszeiten	7 h		8 h		9 h		10 h		11 h		12 h			2 h			11 h	
	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.	sp W.	st. W.		sp. W.	st. W.		sp. W.	st. W.
Glabella . .	5	6,5	10	11	10	11,	10	11,	11	12	15	15		6,5	7		4	4
Nasenspitze.	3,5	5	5	6	5	6	5	6	5	6	5,5	7		3	5		2	2
Roth d. Unterlippe . . .	2,5	3	3	4	3	4	3	4	3	4	4	5		3	3,5		1,5	1,5
Jochbein (Mitte) . .	10,5	12,5	18	18,5	16	17,5	17,5	18,5	17,5	18,5	21	21		10	11		5	6
Ballen des r. Daumens	7	8	11,5	12	8,5	10	9	11	10	12	12	12,5		9	10		5	5,5
Kuppe des r. Zeigefing.	2	2,5	3	3,5	3	3	2,5	3	3	3,5	3	4		3	3		1	1,5



In Tab. XXXI bis XXXIII muss es auffallend erscheinen, dass trotz der ziemlich langen Schlafzeit (etwa 9 Stunden) die Werthe Morgens um 7 Uhr höher als die physiologischen Normalen sind. In Tab. XXXII ist, nach dem geringen Empfindungsvermögen zu schliessen, die Hirnermüdung so bedeutend

um 7 Uhr, dass von einer normalen geistigen Arbeitsfähigkeit kaum die Rede sein kann. Im Verlaufe des Unterrichtes bleibt sich die Sensibilitätsverminderung an einzelnen Gebieten gleich, an anderen Gebieten wird sie noch bedeutender. Die Curve für die Jochbeingegend in Tab. XXXI, welche in 3 Stunden (9 bis 12 Uhr) von 7,2 auf 20 steigt, ist geradezu beunruhigend. Die Sensibilität erscheint hier um das Fünffache, an anderen Orten um das Dreifache vermindert. Nicht viel anders liegen die Verhältnisse in Tab. XXXIII. Wenn man bedenkt, dass eine derartige geistige Ermüdung, wie sie die Tabellen für diese Classe aufweisen, sich täglich wiederholt, und wenn man überdies noch die häusliche Arbeitszeit in Betracht zieht, so lässt sich die Annahme einer vielleicht zu starken geistigen Anspannung kaum abweisen. Es kann auch nicht Wunder nehmen, dass, wie bei dem Schüler in Tab. XXXII, Erscheinungen auftreten, welche in so eklatanter Weise auf eine Erschöpfung des Nervensystems hinweisen. Die Realschüler auf dieser Stufe sind nicht viel besser daran. Zwar wechseln leichtere und schwerere Fächer im Lehrplan, und die geistige Ermüdung erscheint nicht so bedeutend wie bei den Gymnasiasten, allein der dreistündige Nachmittagsunterricht im Verein mit der häuslichen Arbeitszeit lässt eine genügende Erholung kaum zu.

Oberrealschule. Cl. I (Untersecunda).

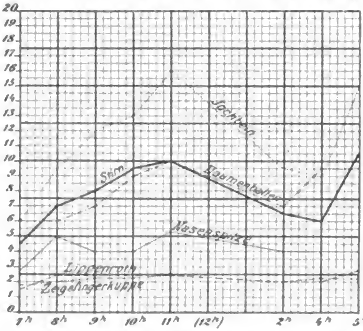
Schülerzahl 22, Zahl der wöchentlichen Unterrichtsstunden 32 und 4 Stunden praktische Arbeiten in den Werkstätten, festgesetzte durchschnittliche tägliche häusliche Arbeitszeit 2 Stunden 15 Min., tägliche Beanspruchung des Schülers seitens der Schule 7 Stunden 35 Minuten, bezw. 8 Stunden 15 Min.

In dieser Classe habe ich nur einen Schüler gemessen; später, als ich die Messungen fortsetzen wollte, fand ich, dass dieselben in Folge der vielen Vorarbeiten und täglichen Repetitionen der Schüler für das Examen behufs Erlangung des Zeugnisses zum einjährigen Heeresdienste kein richtiges Bild von den Anforderungen des gewöhnlichen Unterrichtsganges gegeben haben würden.

1. **A. S.** Alter X. 1878, Körperlänge 163 cm, Gewicht 49 kg, Haar dunkelblond, Augen braun, Begabung und Fleiss recht gut. Bemerkungen: Etwas schlaffer Orbicularis oculi, stark injicirte Scleralgefässe, Panniculus und Muskulatur wenig entwickelt. Schlafzeit ½10 bis 6 Uhr.

Tabelle XXXIV

Lehrplan		7–8 Deutsch	8–9 Geograph.	9–10 Englisch	10–11 Algebra	11–12 frei	Mittagspause		2–3 3–4 prakt. Arbeiten in der Werkstätte		4–5 Chemie	Sonntags	
Messungszeiten	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h			2h		4 h	5 h	12 h	
												sp. W.	st. W.
Glabella . . .	4,5	7	8	9,5	10			6,5		6	10,5	3,5	3,5
Nasenspitze . .	2,8	5	4	4	5,2			4		4	4	2	2
Roth d. Unterlippe	1,5	2,5	2,5	2,5	2,5			2		2	2,8	1	1,5
Jochbein (Mitte)	6	9,5	12	13	16			9,5		9	15	5	5
Ballen d. rechten Daumens . .	6	6	7	9	10			7		9,5	9,5	4	4,5
Kuppe d. rechten Zeigefingers .	1,8	2	2,3	2,3	2,5			2		2,2	2,2	1	1



Die Werthe um 7 Uhr Morgens (Tab. XXXIV) sind nicht ganz normal; trotz einer arbeitsfreien Zeit von drei Stunden (11 bis 2 Uhr) ist um 2 Uhr eine völlige Erholung nicht vorhanden. Während der praktischen Arbeiten in der Werkstätte ist eine geringe Verminderung der Sensibilität nur local nachzuweisen.

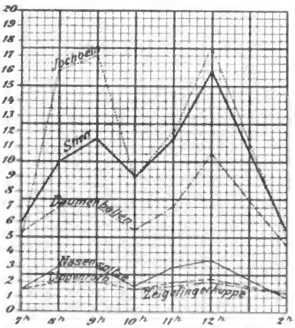
Gymnasium. Cl. IIb (Untersecunda):

Schülerzahl 25, Zahl der wöchentlichen Schulstunden 32 und 4 facultative Stunden, festgesetzte durchschnittliche tägliche häusliche Arbeitszeit 2½ Stunden, tägliche Beanspruchung des Schülers seitens der Schule 7 Stunden 50 Minuten, bezw. 8 Stunden 30 Minuten.

1. **K. K.** Alter I. 1879, Körperlänge 168 cm, Gewicht 54½ kg, Haar blond, Augen braun, Begabung und Fleiss gut. Bemerkungen: Strabismus convergens, 2mal erfolglos operirt, zuletzt im 6. Lebensjahr. Brille —1,5. Etwas blasse Gesichtsfarbe, Panniculus und Muskulatur wenig entwickelt. Der Schüler pflegt zwischen 10 und 11 Uhr zu Bette zu gehen und um ½6 Uhr aufzustehen. (!)

Tabelle XXXV.

Lehrplan			7—8 Geschicht.		8—9 Griechisch		9—10 Religion		10—11 Latein		11—12 Französ.		Mittagspause			Kein Nach.-Unt.	Sonntags	
Messungszeiten	7 h		8 h		9 h		10 h		11 h		12 h			2 h			½12h	
	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.		sp. W.	st. W.		sp. W.	st W
Glabella . .	6	7	10	10	11,5	11,5	9	10	11,5	12	16	17,5		5,5	6		4	4
Nasenspitze.	1,5	1,5	3	4	3	4	1,8	2	3	4	3,5	5		1,5	1,5		1	1
Rothd. Unterlippe. . .	1,5	1,5	2	2	2	2	1,5	1,5	2	2	2,2	2,5		1,3	1,3		1	1
Jochbein (Mitte) . .	5	5,5	16	17	17	18	9	10	12	13	17,5	18,5		5	5,5		4	5
Ballen des r. Daumens	5,2	6,2	7	8	7	8	5,5	6	7	7	10	11		4,5	5		4	4,5
Kuppe des r. Zeigefing.	1,5	1,5	2	2	2	2	1,5	1,5	1,8	2	2	2,5		1,2	1,5		1	1

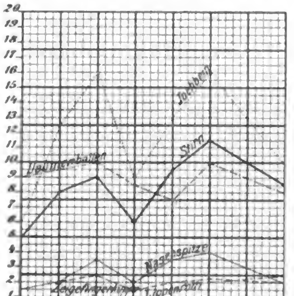


2. **W. M.** Alter IX. 1879, Körperlänge 163 cm, Gewicht 49 kg, Haar braun, Augen braun, Begabung und Fleiss ziemlich gut. Bemerkungen: Nervöse Unruhe des Kopfes, Scleralgefässe stark injicirt, der Schüler klagt

über brennendes Gefühl in den Augen und wäscht sie stündlich, der Schüler wechselt die Farbe häufig und zeigt erhöhte Reflexerregbarkeit. Zu Bette um ½10 Uhr, aufgestanden ¾6 Uhr.

Tabelle XXXVI.

Lehrplan			7—8 Geschichte		8—9 Griechisch		9—10 Religion		10—11 Latein		11—12 Französisch		Mittagspause			Kein Nachm.-Unterricht	Sonntag	
Messungszeiten	7 h		8 h		9 h		10 h		11 h		12 h			2 h			½12 h	
	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.		sp. W.	st. W.		sp. W.	st. W.
Glabella . .	5	6	8	8	9[1]	10	6	6	9,5	10	11,5	12		8,5	9		4,5	5
Nasenspitze .	1,5	2	2	2,5	3,5	4	2	2	3,5	4	4	5,5		2	2,5		1	1
Roth d. Unterlippe . . .	1,5	1,5	2	2	2,5	3	2,5	2,5	2	2,5	2,2	2,5		2	2		1	1
Jochbein (Mitte) . .	6	7	12,5	12,5	16	17	9	9	13	14	16	17		10	10,5		4	4
Ballen des r. Daumens	9	9	9,5	9,5	10	10	8	8	7,5	8	10	11		8	9		4,5	5
Kuppe des r. Zeigefing.	1,5	1,5	2	2	2	2,5	2	2	2	2	2	2,5		2,5	2,5		1	1,5

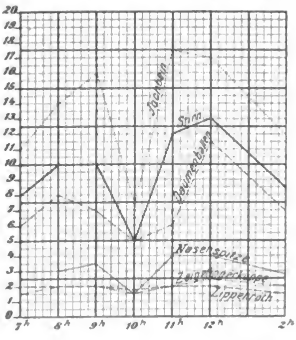


3. **M. G.** Alter VI, 1878, Körperlänge 159 cm, Gewicht 51½ kg, Haar blond, Augen braun, Begabung mässig, Fleiss ziemlich gut. Bemerkungen: Stark injicirte Gefässe der oberen Augenlider und der Sclera. Haut in der Umgebung der Augen und auf der Stirn zeigt Falten. Zu Bette um 10½, aufgestanden um ¾5 Uhr behufs Repetition franz. Regeln.

1) Bei 10 bis 12 mm Entfernung werden bei 2 Eindrücken 3 empfunden.

Tabelle XXXVII.

Lehrplan			7–8 Geschichte		8–9 Griechisch		9–10 Religion		10–11 Latein		11–12 Französisch	Mittagspause			Kein Nachm. Unterricht	Sonntag	
Messungszeiten	7 h		8 h		9 h		10 h		11 h		12 h			2 h			½12 h	
	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.		sp. W.	st. W.		sp. W.	st. W.
Glabella . .	8	9	10	11	10	11	5	6	12	13	13	14		8,5	9		3	4
Nasenspitze .	3	3,5	3	4	3,5	4,5	1,5	2	4	4	4	5		2,8	3		1,5	2
Roth d. Unterlippe . . .	2	3	2	3	2	3	1,8	2	2	2	2	2,5		1,5	2		1	1
Jochbein (Mitte) . .	11	12	14	14,5	16	17	7,5	8	17	18	17	18		12	12		6	6
Ballen des r. Daumens	6	7	8	9	7	8	5	6	6	7	11,5	12		7	8		4	4
Kuppe des r. Zeigefing.	1,5	2	2	2	2	2	1,5	1,5	2	2	2,5	3		2	2		1	1



In Tab. XXXV, XXXVI und namentlich in XXXVII sind die Werthe Morgens 7 Uhr zu hoch; der Schüler aus Tab. XXXVII ging ermüdet zur Schule. Um 2 Uhr Nachmittags ist genügende Erholung nach dem Morgenunterrichte noch nicht eingetreten, glücklicher Weise folgt kein Nachmittagsunterricht. Interessant in allen drei Tabellen ist der Abfall der Curven während der Stunde von 9 bis 10; sie ist die einzige, in welcher während des schweren Unterrichtes das Gehirn etwas ausgeruht hat. — In der III. Ober-Realclasse (Obersecunda) konnte ich leider keine Messungen vornehmen.

Gymnasium. Cl. IIa (Obersecunda).

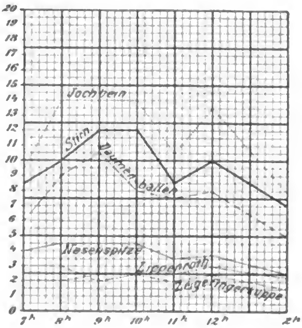
Schülerzahl 11, Zahl der wöchentlichen Schulstunden 32 und 6 facultative Stunden, festgesetzte durchschnittliche tägliche häusliche Arbeitszeit 2½ Stunden, tägliche Beanspruchung

des Schülers seitens der Schule 7 Stunden 50 Minuten, bezw. 8 Stunden 50 Minuten.

1. **O. B.** Alter XII. 1877. Körperlänge 159 cm, Gewicht 56 kg, Haar blond, Augen blau, Begabung und Fleiss gut. Bemerkungen: Gefässe der Augenlider und der Sclera injicirt, Stirnhaut etwas faltig, im übrigen nichts Auffallendes. Zu Bette 11¼ Uhr, aufgestanden 5¼ Uhr. (!)

Tabelle XXXVIII.

Lehrplan			7–8 Mathematik		8–9 Latein		9–10 Griechisch		10–11 Religion		11–12 Physik		Mittagspause			K. Nachm.-Unt.	Sonntag	
Messungszeiten	7 h		8 h		9 h		10 h		11 h		12 h			2 h			½12 h	
	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.		sp. W.	st. W.		sp. W.	st. W.
Glabella	8,5	9	10	10	12	13	12	13	8,5	8,5	10	11		7	7,5		4	5
Nasenspitze	4	4,5	4,5	5,5	4,5	5,5	4,5	5,5	3,5	3,5	3,8	4		2,5	2,5		1,5	2
Roth d. Unterlippe	3	3	3	3	2	2	2,5	2,5	2,5	2,5	3	3		2,2	2,5		1,5	1,5
Jochbein (Mitte)	9,5	10,5	14	16	14	15,5	14	15	10,5	11	13,5	13,5		8	8,5		6	6
Ballen des r. Daumens	6	7	9	11	10,5	11	8	9	7,5	8	8	9		5	5		4	4
Kuppe des r. Zeigefing.	2	2,2	2	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2	2	2,5	2,5		1,5	2		1	1,5

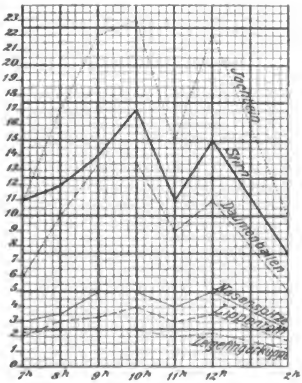


2. **E. W.** Alter XI. 1878. Körperlänge 176 cm, Gewicht 65½ kg, Haare blond, Augen blau; Begabung und Fleiss ziemlich gut. Bemerkungen: In-

jicirte Scleralgefässe, Haut in der Umgebung der Augen leicht faltig. Zu Bett um 10¹/₄ Uhr, aufgestanden ³/₄6 Uhr.

Tabelle XXXIX.

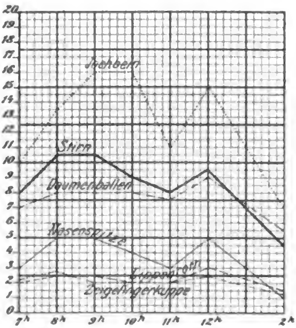
Lehrplan		7—8 Mathematik		8—9 Latein		9—10 Griechisch		10-11 Religion		11—12 Physik		Mittagspause			K. Nachm.-Unt.	Sonntag	
Messungszeiten	7 h		8 h		9 h		10 h		11 h		12 h		2 h			½12 h	
	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.		sp. W.	st. W.
Glabella . .	11	12	12	13	14	15	17	17,5	11	12	15	16	7,5	7,5		3,5	5
Nasenspitze.	3	4	3,5	4,5	5	5,5	5	5,5	4	4	5	5	2,5	2,5		1,5	2
Rothd Unterlippe . . .	2	2,5	3	3	3,2	3,5	4	4,5	3	3	3,5	4	1,8	2		1	1
Jochbein (Mitte) . .	11	12	17	18,5	22	22	23	24	15	16	22	22,5	10	10,5		5	5
Ballen des r. Daumens	6	7	10	10,5	13,5	13,5	13,5	13,5	9	9	11	11,5	5	5,5		4	4,5
Kuppe des r. Zeigefing.	2,2	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2	2	2,2	2,5	1,2	1,5		1	1



3. **E. Sch.** Alter III. 1878. Körperlänge 168 cm, Gewicht 46 kg; Haar braun, Augen braun. Begabung gut, Fleiss mässig. Bemerkungen: Nichts Auffallendes. Um 10 Uhr zu Bette, aufgestanden ³/₄6 Uhr.

Tabelle XL.

Lehrplan			7–8 Mathematik		8–9 Latein		9–10 Griechisch		10–11 Religion		11–12 Physik		Mittagspause			K. Nachm.-Unt.	Sonntags Schül. verreist
Messungszeiten	7 h		8 h		9 h		10 h		11 h		12 h			2 h			
	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.		sp. W.	st. W.		
Glabella	8	9	10,5	11	10,5	11	9	10	8	9	9,5	10		4,5	5,5		
Nasenspitze	3	4	5	5	5	5	4	4,5	3	3	5	5		1	1,5		
Roth d. Unterlippe	2	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2	2	2	2	3	3,5		1,5	2		
Jochbein (Mittel)	10	11	13,5	14	16	16	16	16	11	12	15	15		7	7,5		
Ballen des r. Daumens	7	8	8	9	8	9	8	9	7,5	8	9	9		5,5	5		
Kuppe des r. Zeigefing.	2,2	2,5	2,8	3	2	2,5	2	2,5	2	2	2,5	3		1,3	1,5		



Auch in der Classe IIa kommen die Schüler mit herabgesetzter Sensibilität zum Morgenunterrichte, und während desselben wird sie oft noch um das Doppelte geringer. Die Zahlen für 2 Uhr, verglichen mit den Normalen (in Tab. XL fehlend), zeigen, dass um diese Zeit eine vollständige Erholung nicht eingetreten ist. Der Verlauf der Curven ist in allen drei Tabellen ein ähnlicher; von 10 bis 11 Uhr macht sich, wie in Classe IIb von 9 bis 10, ein steiler Abfall bemerklich.

In der II. Ober-Realclasse (Untersecunda) habe ich die Messungen nicht nach jeder Stunde wiederholen können, ich beschränkte mich daher darauf, sie in der Weise auszuführen, wie es in Tab. VIII und IX angegeben wurde.

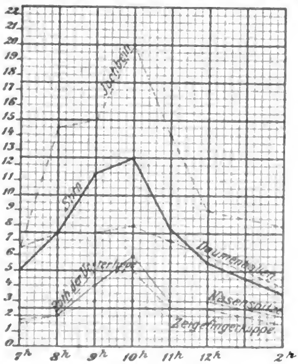
Gymnasium. Cl. I (Unterprima).

Schülerzahl 16, Zahl der wöchentlichen Schulstunden 32 und 6 facultative Stunden (eventuell noch 2 Stunden Hebräisch). Festgesetzte durchschnittliche tägliche häusliche Arbeitszeit 2½ Stunden, tägliche Beanspruchung des Schülers durch die Schule 7 Stunden 50 Minuten, bezw. 8 Stunden 30 Minuten bis 9 Stunden.

1. **A. B.** Alter I. 77. **Körperlänge 168 cm, Gewicht 68½ kg; Haare dunkelblond, Augen blau. Begabung und Fleiss gut. Bemerkungen: Scleralgefässe stark injicirt. Haut in der Umgebung der Augen leicht faltig. Der Schüler ging um 10 Uhr zu Bette und stand um ½6 Uhr auf.**

Tabelle XLI.

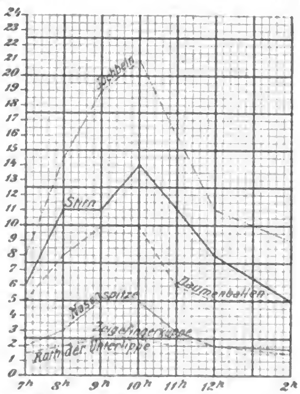
Lehrplan			7—8 Griechisch		8—9 Mathematik		9—10 Geschichte		10—11 Latein		11—12 Deutsch		Mittagspause			K. Nachm.-Unt.	Sonntags	
Messungszeiten	7 h		8 h		9 h		10 h		11 h		12 h			2 h			12 h	
	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.		sp. W.	st. W.		sp. W.	st. W.
Glabella . . .	5	5	7,5	7,5	11,5	12	12,5	13,5	7,8	8	5,5	7		3,5	4		3	4
Nasenspitze .	2	2	2	2	4	4	6	7,5	3	4	3	3,5		2	2		1,5	2
Roth der Unterlippe . . .	1,8	2	2	2,5	5	5	5	6	2,5	3	2,5	3		1,5	1,5		1	1
Jochbein (Mitte)	6,5	7	14,5	16	15	15	20	21,	14	14	9	10		8	9		6	7
Ballen d. recht. Daumens . .	6,5	7	7,5	7,5	7,5	8	8	10	7	7	6	7		4	4,5		3,5	4
Kuppe d. recht. Zeigefingers .	1,5	1,5	2	2	3	3	3	3	2	2	2	2		1,5	1,5		1	1



2. **A. T.** Alter I. 1876. Körperlänge 167 cm, Gewicht 68½ kg; Haar blond, Augen blau. Begabung und Fleiss ziemlich gut. Bemerkungen: Orbicularis oculi etwas schlaff, rechtes Auge seit zwei Jahren astigmatisch. Zu Bette um ½11 Uhr, aufgestanden um 6 Uhr.

Tabelle XLII.

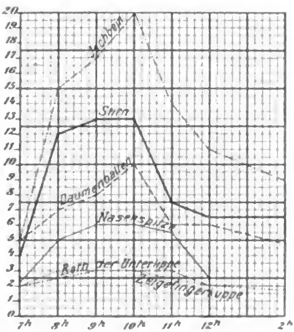
Lehrplan			7—8 Griechisch		8—9 Mathematik		9—10 Geschichte		10—11 Latein		11—12 Deutsch		Mittagspause			K. Nachm.-Unt.	Sonntags	
Messungszeiten	7 h		8 h		9 h		10 h		11 h		12 h			2 h			12 h	
	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.		sp. W.	st. W.		sp. W.	st. W.
Glabella . .	6	6	11	11	11	11	14	14	11	11	8	7		5	5		3	4
Nasenspitze .	2	2,5	3	3	5	5	5	6	3	3,5	2	2		1,8	2		1	1,5
Roth d. Unterlippe . . .	1,5	1,5	2	2	2,5	2,5	2,5	2,5	2	2	2	2		1,5	1,5		1	1
Jochbein (Mittel) . .	8	8,5	14,5	14,5	19	19,5	21	24	16	17	11	11		9	10		5	5
Ballen des r. Daumen .	5	6	8	8	10	10	10	10	6	7	5	6		5	6		3	4
Kuppe des r. Zeigefing.	1,5	2	2	2	2,8	2,8	2,5	2,5	2,5	2,5	2	2		1,8	2		1	1



3. **F. M.** Alter IV. 1878. Körperlänge 172 cm, Gewicht 64 kg, Haar blond, Augen braun, Begabung mittelmässig, Fleiss gut. Bemerkungen: Stark injicirte Scleralgefässe, Orbicularis oculi etwas schlaff, im Gesichte Epheliden, Panniculus wenig entwickelt. Zu Bette um ½11 Uhr, aufgestanden ¾6 Uhr.

Tabelle XLIII.

Lehrplan		7—8 Griechisch		8—9 Mathematik		9—10 Geschichte		10—11 Latein		11—12 Deutsch		Mittagspause			Kein Nachm.-Unterricht	Sonntags	
Messungszeiten	7 h	8 h		9 h		10 h		11 h		12 h			2 h			12 h	
	sp. W. / st. W.	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.	sp W.	st. W.	sp. W.	st. W.		sp. W.	st. W.		sp. W.	st. W.
Glabella	4 / 5	12	12	13	14	13	14	7,5	8	6,5	6,5		6,5	6,5		3	4
Nasenspitze	2,2 / 2,5	5	5	6	6	6	6	5,5	6	2,5	3		2,5	3		1,5	1,5
Roth d. Unterlippe	2 / 2	2,5	3	3	4	3	4	3	3	2	2		2	2		1	1
Jochbein (Mitte)	5 / 6	15	15	17	17,5	20	21	14	14	11	11		9	10		3,5	4
Ballen des r. Daumens	5 / 5,5	7	8	8	9	10	11	6	7	6	6		4,8	5		3	4
Kuppe des r. Zeigefing.	2 / 2	3	3	3	3	3	3	2,5	2,5	2	2		1,8	2		1	1



In Tab. XLI bis XLIII sind die Werthe Morgens 7 Uhr grösser als die normalen Werthe, auch ist um 2 Uhr keine völlige Erholung eingetreten. Die Curven steigen bis 9 Uhr, beziehungsweise 10 Uhr. Dass sie trotz einer lateinischen und einer deutschen Stunde nach 10 Uhr fallen, lässt sich vielleicht dadurch erklären, dass die Schüler in der lateinischen Stunde ein Extemporale, in der deutschen Stunde einen Aufsatz aus der Correctur zurückerhielten, wobei das Gehirn mehr oder weniger auszuruhen pflegt.

Ich wende mich nun zu zwei technischen Fachclassen (Industrieclassen), welche mit der Ober-Realschule in Müllhausen verbunden sind. In diesen Klassen liegt der Schwerpunkt in den mathematisch-technischen und in den naturwissenschaftlichen Fächern, während die Sprachen mehr zurücktreten.

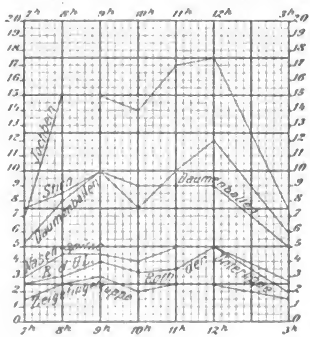
Untere Industrie-Classe.

Schülerzahl 19, Zahl der wöchentlichen Schulstunden 32 + 7 Stunden Werkstätten + 2 Stunden Feldmessen = 41 Stunden. Festgesetzte durchschnittliche tägliche häusliche Arbeitszeit 2 Stunden 15 Minuten, tägliche Beanspruchung des Schülers seitens der Schule 9 Stunden 5 Minuten. (!)

1. **A. K.** Alter IX. 1878. Körperlänge 173 cm, Gewicht 59½ kg, Haar blond, Augen blau, Begabung und Fleiss gut. Bemerkungen: Der Schüler ist etwas anaemisch und klagte mehrfach über Kopfschmerz und plötzliche Verdunkelung des Gesichtsfeldes, Orbicularis oculi schlaff. Brille — 5 D. Panniculus und Muskulatur mangelhaft entwickelt. Zu Bette gegen 11 Uhr, aufgestanden ¾6 Uhr. Vor 7 Uhr hatte der Schüler noch repetirt.

Tabelle XLIV.

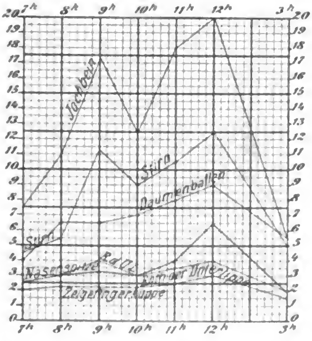
Lehrplan		7—8 Mechanik	8—9 Mechanik	9—10 Französ.	10—11 Algebra	11—12 analyt. Geometrie	Mittagspause		Kein Nachm.-Unterricht, weil Sonnabend	Sonntag Nachm.	
Messungszeiten	7h	8h	9h	10h	11h	12h		3h		4h	
sp. W.										sp. W.	st. W.
Glabella	7,5	8,5	10	7,5	10	12		6		4	4
Nasenspitze . . .	3	4,5	4,5	4	5	5		2,8		2,5	2,5
Roth d. Unterlippe	2,5	3	4	3,2	3,5	5		2		1,5	1,5
Jochbein (Mitte) .	7	15	15	14	17	17,5		7,5		5	5
Ballen des rechten Daumens . . .	5,2	8	10	9	9	9		5		4	4,5
Kuppe des rechten Zeigefingers . .	1,5	2,5	3	2	2,5	2,5		1,5		1	1,5



2. **E. W.** IV. 1877. Körperlänge 173 cm, Gewicht 69 kg, Haar dunkelblond, Augen braun, Begabung und Fleiss gut. Bemerkungen: Der Schüler schläft schwer ein und träumt öfters von seinen Schularbeiten. Schlafzeit 1/2 11 bis 6 Uhr. (!)

Tabelle XLV.

Lehrplan		7—8 Mechanik	8—9 Mechanik	9—10 Französ.	10—11 Algebra	11—12 analyt. Geometrie	Mittagspause		Kein Nachm.-Unterricht, weil Sonnabend	Sonntag Nachm.	
Messungszeiten	7h	8 h	9 h	10 h	11 h	12 h		3h		4 h	
sp. W.										sp. W.	st. W.
Glabella	4,5	5,5	11,2	9	10,5	12,5		5		4	4,5
Nasenspitze . . .	2,5	3	3,2	3	4	6,5		2		2	3
Roth d. Unterlippe	3	3	4	3	3,5	4		2		1,5	2
Jochbein (Mitte) .	7,5	11	17,2	12,5	18	20		5,5		4,5	4,5
Ballen des rechten Daumens . . .	4	6,5	6,5	7[1]	-	9		5,5		3	3,5
Kuppe des rechten Zeigefingers . .	2	2,2	2,2	2,2	2,5	3		1,5		1,5	2

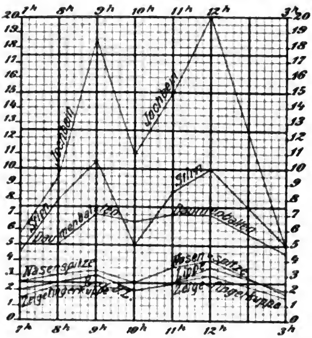


3. **A. F.** Alter VII. 1875. Körperlänge 172 cm, Gewicht 75 kg, Haar und Bart blond, Augen braun, Begabung und Fleiss gut. Bemerkungen: Brille, rechts —1,5 D, links —1,25 D. Der Schüler schläft schwer ein und träumt gelegentlich von seinen Schularbeiten.

1) Störungen; die Angaben waren so unsicher, dass die Zahl nicht genau festgestellt werden konnte.

Tabelle XLVI.

Lehrplan		7—8 Mechanik	8—9 Mechanik	9—10 Französ.	10—11 Algebra	11—12 analyt. Geometrie	Mittagspause		Kein Nachm.-Unterricht, weil Sonnabend	Sonntag	
Messungszeiten	7h	8 h	9 h	10 h	11 h	12 h		3h		11 h	
sp. W.										sp. W.	st. W.
Glabella	4,5	8	10,5	5	8,5	10		5		3	3
Nasenspitze . . .	2,5	3	3,2	2,5	3,5	4		1,8		1,5	2
Roth d. Unterlippe	2	2,5	3	2	2,5	3,5		2		1	1
Jochbein (Mitte) .	5,5	9,5	18,5	11	15	20		5		4	4
Ballen des rechten Daumens . . .	5	5	7	6,5	7	7		4,5		2	3,5
Kuppe des rechten Zeigefingers . .	1,5	2,2	2,2	2	2,5	3		1,5		1	1,5



In den Tab. XLIV bis XLVI fällt die Steilheit der Curven auf Stirn und Jochbein leider sehr in die Augen. Interessant ist es, dass während des Französischen allgemeine Erholung eintritt. Nachmittags 3 Uhr ist eine solche trotz dreistündiger Ruhepause noch nicht ganz erfolgt. Die Werthe Morgens 7 Uhr sind auch etwas zu hoch.

Obere Industrie-Classe.

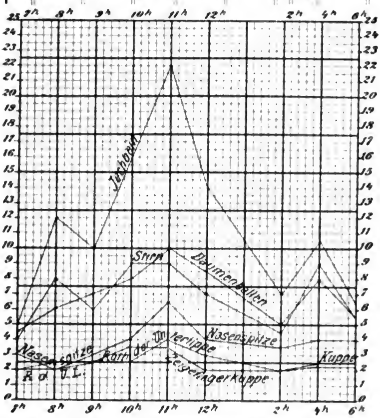
Schülerzahl 2, Zahl der wöchentlichen Schulstunden 33 und 9 Stunden Werkstätten und 2 Stunden physikalisches Laboratorium und 2 Stunden chemisches Laboratorium = 46 Stunden. Festgesetzte durchschnittliche tägliche häusliche Arbeitszeit 2 Stunden 15 Minuten, tägliche Beanspruchung des Schülers seitens der Schule 9 Stunden 55 Minuten. (!)

1. **H. Th.** Alter 18 Jahre. Körperlänge 171 cm, Gewicht ? kg; Haare blond, Augen blau. Begabung und Fleiss ziemlich gut. Bemerkungen: Haut in der Umgebung der Augen und auf der Stirn stark faltig, unreiner Teint. Der Schüler geräth sehr leicht in Transpiration und es entsteht dann eine

sehr reichliche Schweissabsonderung, namentlich auf der Stirn und auf den Händen. Zu Bette gegen 10 Uhr, aufgestanden um 6 Uhr.

Tabelle XLVII.

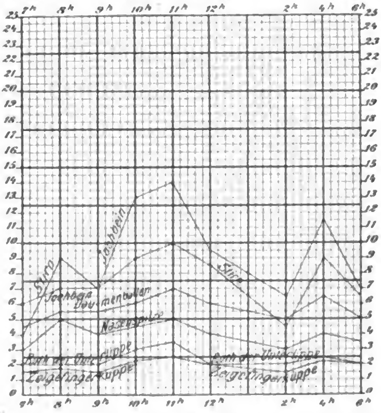
Lehrplan		7—8 Mechanik	8—9 Französisch	9—10 Mechanik	10—11 Algebra	11—12 Geographie	Mittagspause		2—4 Maschinenzeichnen	4—6 Pract. Arbeit. in der Werkst.	Sonntags	
Messungszeiten	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h	12 h		2 h	4 h	6 h	11 h	
sp. W.											sp. W.	st. W.
Glabella . .	4	8	6	9	9	7		4,5	9	5,5	4	4
Nasenspitze	3	2	3	4	6,5	4		3,5	4	4	3	3
Roth d. Unterlippe . . .	2	2	2,5	2,5	4	3		2	2,2	2	2	2
Jochbein (Mitte) . .	5	12	10	16	22	14		7	10,5	6,5	5	5,5
Ballen des r. Daumen	4,5	6	7	8	10	8,5		5	8	5,5	4,5	5,5
Kuppe des r. Zeigefing. .	2	2,5	2,5	3,5	3,5	2		2	2,5	2,5	2	2



2. X. L. Alter 18 Jahre. Körperlänge 166 cm, Gewicht ? kg; Haare röthlich-blond, Augen blau. Begabung und Fleiss gut. Bemerkungen: Orbicularis oculi etwas schlaff; Brille — 2,25 D, leichter Nystagmus, auffallend starker Foetor ex ore; der Schüler träumt häufig von seinen Schularbeiten. Zu Bette um 10 Uhr, aufgestanden um 6 Uhr.

Tabelle XLVIII.

Lehrplan		7—8 Mechanik	8—9 Französisch	9—10 Mechanik	10—11 Algebra	11—12 Geographie	Mittagspause		2—4 Maschinenzeichnen	4—6 Pract. Arbeit in der Werkst.	Sonntags	
Messungszeiten	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h	12 h		2 h	4 h	6 h	4 h	
sp. W.											sp. W.	st. W.
Glabella . .	4	9	7	9	10	8,5		4,5	9	6,5	3,5	4
Nasenspitze .	3	5	4	4,5	5	4		3	4	3,5	2	2,5
Roth d. Unterlippe . . .	2	2	2	3	3,5	2		2	2,5	2	2	2,5
Jochbein (Mitte) . .	6	7¹)	7	13³)	14	9,5		6,5	11	7	4	4,5
Ballen des r. Daumens .	4,5	5,5²)	5,5	6	7	6		5	6,5	5	4	4
Kuppe des r. Zeigefingers	1,5	1,8	1,5	2,3	2,5	2		1,5	2,2	2	1	1,5



1) Störungen; bei 8 bis 11 mm Entfernung wurden zwei Eindrücke als drei empfunden.

2) Störungen; bei 7 bis 11 mm Entfernung wurden zwei Eindrücke als drei empfunden.

3) Störungen; bei 15 bis 17 mm Entfernung wurden zwei Eindrücke als mehrere (die Versuchsperson konnte nicht genau angeben wie viele) an verschiedenen Stellen der Backe gefühlt.

In Tab. XLVII sind die um 7 Uhr gefundenen Werthe mit den physiologischen Normalen völlig übereinstimmend; die Werthe für 2 Uhr sind etwas höher. In Tab. XLVIII besteht zwischen den Werthen für 7 Uhr und 2 Uhr kein erheblicher Unterschied, und beide sind nur wenig höher als die Normalen. Das Französische und die Geographie dienen in beiden Fällen zwischen und nach den anstrengenden mathematischen Fächern zur Erholung. Interessant ist, dass das Zeichnen nicht unbedeutend ermüdet, während die Werthe nach der zweistündigen praktischen Thätigkeit verhältnismässig niedrig sind.

Es ist natürlich sehr wünschenswerth, die Untersuchungen über geistige Ermüdung nicht nur auf die Schüler zu beschränken, sondern auch auf die Lehrer auszudehnen. Ueber die wenigen Messungen, die ich an einigen Herren gemacht habe, will ich kurz berichten.

Herrn I.'s Vorträge erstreckten sich von 7 bis 10 Uhr Morgens über das Fach der theoretischen Mechanik; von 10 bis 12 Uhr leitete der betreffende Herr das technische Zeichnen in der Industrieclasse. Die gefundenen Sensibilitätswerthe sind folgende:

Tabelle XLIX.

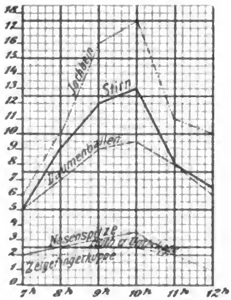
	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h	12 h	Sonntags ohne vorher. geistige Beschäftigung	
sp. W.							sp. W.	st. W.
Glabella	5	9	12	13	8	6,5	4	5
Nasenspitze . . .	2	2,5	3	3,5	2	2	1,5	2
Roth der Unterlippe	2	2,5	2,5	2,5	2	2	1,5	1,5
Jochbein (Mitte) .	6	10	16	17,5	11	10	5	6
Ballen des rechten Daumens . . .	5	7	9	9,5	8	6	4	5
Kuppe des rechten Zeigefingers . .	1,5	2	2,5	2,5	2	2	1	1,5

Herr E. unterrichtete jüngere Schüler 5 Stunden lang in zwei sprachlichen Fächern und in der Geschichte.

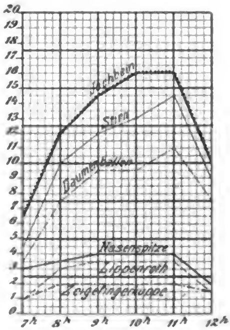
Ich fand:

Tabelle L.

Fächer		7—8 Englisch	8—9 Geschicht.	9—10 Französisch	10—11 Geschicht.	11—12 Englisch (Privatstund)	Ohne vorherige geistige Beschäftigung
Messungszeiten	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h	12 h	10 h Morg
sp. W.							
Glabella	4,5	10	12	13	14,5	9	4,5
Nasenspitze . . .	3	3,5	4	4	4	2	3
Roth der Unterlippe	1	3	3,5	3,5	3,5	1,5	1
Jochbein (Mitte) .	6,5	12	14,5	16	16	10	5
Ballen des rechten Daumens . . .	3,5	7,5	9,5	9,5	11	7,5	3
Kuppe des rechten Zeigefingers .	1	2	2	2	2	1,5	1



Curve zu Tab. XLIX.

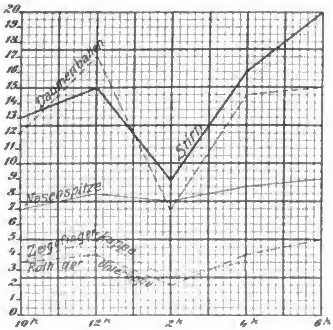


Curve zu Tabelle L.

Herr St. hatte Morgens und Nachmittags im philologisch-historischen Fach 4 Stunden unterrichtet; die Messungen, die ich erhalten konnte, ergaben folgende Werthe:

Tabelle LI.

Messungszeiten	10 h	12 h	Mittagspause	2 h	4 h	6 h	4 h Nachm. an einem dienstfreien Tage
sp. W.							
Glabella	13	15		9	16	20	13
Nasenspitze	7	8		7,5	8,5	9	7
Roth der Unterlippe	3,5	4		2	4	5	2,5
Ballen d. recht Daumens	12	17		7	14,5	15	4
Kuppe des rechten Zeigefingers	3	5		2,5	3,5	3,5	2



Die Zahlen der Tab. XLIX bis LI reden ebenfalls eine deutliche Sprache und weisen darauf hin, dass es nothwendig ist, auch das Arbeitsmaass des Lehrers sorgfältig abzuwägen; denn ein geistig ermüdeter und dadurch nervös gewordener Lehrer ist für den Unterricht kein Gewinn.

Ich lasse nun diejenigen Messungen folgen, welche an solchen jungen Leuten gewonnen wurden, die in Comptoirs, am Webstuhle und in Maschinenwerkstätten thätig sind.

Kaufmannslehrlinge.

1. E. O. 20 Jahre alt, Körperlänge 174 cm, Gewicht 69 kg, Haar braun, Augen braun, pflegt um ½8 Uhr in's Geschäft zu gehen. Geschäftszeit von 8 bis 12 Uhr und von 2 bis 6 bezw. 7 Uhr. Die geistige Thätigkeit besteht in der Erledigung französischer und deutscher Correspondenz, sowie in der

Ausführung von Rechnungen. Der junge Mann pflegt zwischen 10 und 11 Uhr zu Bette zu gehen und zwischen 6 und 7 Uhr aufzustehen. Es ist zu bemerken, dass er blass und etwas angegriffen aussieht, und dass einzelne Gesichtsmuskeln beim Sprechen in zuckender Bewegung sind.

Tabelle LII.

Messungszeiten	7 h Morg.		¾12 h		Mittgsp.	2 h		7 h Abds		Sonntags ohne vorherige geist. Beschäft.	
	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.		sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.
Glabella . .	4,5	7	6,5	8		4,5	5	8	9	4	4,5
Nasenspitze .	2	3	2	3		2	3	3	3,5	2	2
Roth d. Unterlippe . . .	1,5	1,5	1,5	1,5		1,5	1,5	2	2	1,5	1,5
Jochbein (Mitte) . .	6	7	7	8		6	7,5	8,5	10	5	6
Ballen des r. Daumens .	4	4	5	5,5		4	4,5	5	6,5	4	4,5
Kuppe des r. Zeigefingers	2	2,5	2	2,5		2	2	2,5	2,5	2	2

2. **A. B.** 19 Jahre alt, Körperlänge 170 cm, Gewicht 65 kg, Haare blond, Augen braun, pflegt gegen 8 Uhr ins Geschäft zu gehen. Geschäftszeit von 8 bis 12 Uhr und von 2 bis 6 bezw. 7 Uhr. Die geistige Thätigkeit besteht in kaufmännischer Correspondenz, namentlich in der Uebersetzung von Briefen und Kaufverträgen aus einer Sprache in eine andere, sowie in der Ausführung von Rechnungen. Der junge Mann pflegt zwischen 10 und 11 Uhr zu Bett zu gehen und zwischen 6 und 7 Uhr aufzustehen, über Körperbeschaffenheit und Aussehen ist nichts Besonderes zu bemerken.

Tabelle LIII.

Messungszeiten	7 h		12 h		Mittgsp.	2 h		7 h		Sonntags ohne vorherige geist. Beschäftg.	
	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.		sp. W.	st. W.	sp. W.	sp. W.	sp. W.	st. W.
Glabella . .	6	7	7,5	8,5		5,5	7	10	11	5,5	7
Nasenspitze .	2	2,5	3	3,5		2	2,5	3	4	2	2,5
Roth d. Unterlippe . . .	1,5	2	1,5	2		1,5	2	2	3	1,5	2
Jochbein (Mitte) . .	6	7	7,5	9,5		5,5	6	8,5	10	5	5,5
Ballen des r. Daumens .	4	5,5	5,5	5,5		5,5	5,5	6	6,5	4	5
Kuppe des r. Zeigefingers	1,5	2	3	3		1,5	2	2,5	3	1,5	2

3. **J. Th.** 18 Jahre alt, Körperlänge 157 cm, Gewicht 53½ kg, Haare blond, Augen blau, Haut in der Umgebung der Augen und auf der Stirn mit Falten. Th. pflegt von 8 Uhr bis 12 Uhr und von 2 Uhr bis 6 bezw. 7 Uhr im Geschäft zu sein, wo er Rechnungen ausführt und Briefe copirt; er pflegt etwa um 10 Uhr zu Bett zu gehen und um 6 Uhr aufzustehen.

Tabelle LIV.

Messungszeiten	½8 h		12 h		Mittagspause	2 h		7 h		Sonntags, ohne vorh. geist. B.	
	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.		sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.
Glabella	4	4	5,5	7		5	6,5	5	6,5	3,5	4,5
Nasenspitze	2,5	3	3	3		2,5	3	2	3	2,5	2,5
Roth der Unterlippe	1,5	2	3	3		2	2	2	2	1,5	2
Jochbein (Mitte)	7	9	9	10,5		7	8	7	8	4,5	5,5
Ballen des rechten Daumens	5	6	6,5	8		5	6	5	6	3,8	4
Kuppe des rechten Zeigefingers	2	2	2	2		2	2	2	2	2	2

Schüler der theoretischen und praktischen Spinn- und Webschule.

Die nachstehenden Messungen wurden vor und nach einer dreistündigen Arbeit am Webstuhle angestellt. Der Stuhl wird durch die Dampfmaschine in Thätigkeit versetzt. Das Weberschiffchen (Schützen) gibt 200 Schüsse in der Minute. Der Schüler webt pro Stunde etwa 1 Meter Stoff. Das Hervorsuchen der zerrissenen Fäden, das Anknüpfen derselben und das Einfädeln durch die Oese der Litzen verlangt genaue Beobachtung und ermüdet das Auge. In der Bedienung des Stuhles wird bald mechanische Fertigkeit erlangt. In dem Websaal herrscht sinnenbetäubender Lärm.

1. **E. W.** Alter 17½ Jahre, Körperlänge 178 cm, Gewicht 61½ kg, Haar blond, Augen braun; frisches Aussehen.

Tabelle LV.

Messungszeiten	¾2 h		¾5 h		Sonntags konnte nicht gemessen werden
	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.	
Glabella	4,5	5,5	6	7	
Nasenspitze	3	4	4	5,5	
Roth der Unterlippe	3	4	3	4	
Jochbein (Mitte)	10	12	12,5	13	
Ballen des rechten Daumens	6,5	7,5	8,5	9,5	
Kuppe des rechten Zeigefingers	2	2	2,5	3	

2. **A. P.** Alter 19 Jahre, Körperlänge 166 cm, Gewicht 69 kg, Haar schwarz, Augen braun. Alte Gesichtszüge, Haut auf der Stirn mit vielen longitudinalen Falten.

Tabelle LVI.

Messungszeiten	3/4 2 h		3/4 5 h		Sonntags konnte nicht gemessen werden
	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.	
Glabella	6	7	8,5	9	
Nasenspitze	4	5	4	5	
Roth der Unterlippe	3	4	3	4	
Jochbein (Mitte)	10	15	11	15,5	
Ballen des rechten Daumens	6	7	6,5	8,5	
Kuppe des rechten Zeigefingers	2,5	2,5	2,5	2,5	

3. **E. O.** Alter 22 Jahre, Körperlänge 167 cm, Gewicht 67 kg, Haar blond, Augen blau. Brille, rechts — 3 D, links — 4,5 D. Frisches männliches Aussehen.

Tabelle LVII.

Messungszeiten	3/4 2 h		3/4 5 h		Sonntags konnte nicht gemessen werden
	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.	
Glabella	5	6,5	6,5	7	
Nasenspitze	3	4	3	4	
Roth der Unterlippe	3	4	3	4	
Jochbein (Mitte)	10	12	11	14	
Ballen des rechten Daumens	7,5	8,5	7,5	8,5	
Kuppe des rechten Zeigefingers	2	2,5	2	2,5	

4. **L. B.** (Bruder des Schülers in Tab. III und XIII.) Alter 19 Jahre, Körperlänge 172 cm, Gewicht 65 kg, Haar blond, Augen blau. Ueber das Aussehen ist nichts Besonderes zu bemerken.

Tabelle LVIII.

Messungszeiten	3/4 2 h		3/4 5 h		Sonntags 11 h	
	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.
Glabella	5	8	8	10	3	4
Nasenspitze	3	3	3	3	2	2
Roth der Unterlippe	2	2	2,5	2,5	1	1
Jochbein (Mitte)	7,5	9,5	10	11	4,5	5
Ballen des rechten Daumens	6,5	6,5	6,5	7	4	4,5
Kuppe des rechten Zeigefingers	2,5	2,5	2,5	2,5	1,5	1,5

Volontäre der elsässischen Maschinenfabrik.

Es ist die Aufgabe der jungen Leute, Theile der verschiedensten Maschinen, namentlich Dampfmaschinen, selbständig anzufertigen. Ihre Arbeitszeit erstreckt sich von 6 Uhr Morgens

bis 12 Uhr Mittags und von ½2 Uhr bis 6 Uhr Abends. An den Tagen, an welchen ich die Messungen an ihnen ausführte, begannen sie die Morgenarbeit erst um 7 Uhr, die Nachmittagsarbeit um 2 Uhr. Nachmittags wird häufig weniger schwer gearbeitet als Morgens; dies trifft auch für die nachstehenden Tabellen zu.

1. **A. P.** Alter 18½ Jahre, Körperlänge 173 cm, Gewicht 67 kg, Haar blond, Augen blau. Haut um die Augen und auf der Stirn faltig. Zu Bette um 9½ Uhr, aufgestanden ½6 Uhr.

Tabelle LIX.

Messungszeiten	½7 h		12 h		Mittagspause	½2 h		6 h		Sonntags 10 h	
	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.		sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.
Glabella . .	4	4,5	5	6		5	6	4	4,5	3,5	4
Nasenspitze .	1,5	2	3	3		3	3	2	2,5	1,5	1,5
Roth d. Unterlippe . . .	2	2	2	2		2	2	2	2	2	2
Jochbein (Mitte) . . .	8	9	9	10,5		9	9,5	7	8	5,5	7
Ballen des r. Daumens . .	7	7	8	9		7,5	7,5	5	6	4,5	5,5
Kuppe des r. Zeigefingers .	2	2	3	3,5		2	2	2	2	1,5	2

2. **L. L.** Alter 19½ Jahre, Körperlänge 176 cm, Haar blond, Augen braun. Brille — 2,5 D. Frisches Aussehen, männlich entwickelt. Zu Bette um 9 Uhr, aufgestanden um 5 Uhr.

Tabelle LX.

Messungszeiten	½7 h		12 h		Mittagspause	½2 h		6 h		Sonntags 11 h	
	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.		sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.
Glabella . .	6,5	6,5	6,5	6,5		6	6	6,5	7	5,5	6
Nasenspitze .	2,5	2,5	3	3		3	3	3	3	2	2
Roth d. Unterlippe . . .	2	2	2	2		2	2	2	2	1,5	1,5
Jochbein (Mitte) . .	7	10	8	11		7	10	7,5	11,5	6	6
Ballen d. recht. Daumens . .	6	8	6	8		6	8	7	8,5	4	5,5
Kuppe des r. Zeigefingers .	2,5	2,5	3	3		3	3	3	3	2	2,5

4. L. P. Alter 19 Jahre, Körperlänge 171 cm, Gewicht 65 kg, Haar blond, Augen blau. Auf der Stirn einige Falten, im Gesichte Epheliden. Zu Bette 3/4 9 Uhr, aufgestanden um 1/2 6 Uhr.

Tabelle LXI.

Messungszeiten	1/2 7 h		12 h		Mittags-pause	1/2 2 h		6 h		Sonntags 11 h	
	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.		sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.	sp. W.	st. W.
Glabella . .	3,5	5	5	6		5	6	5	5	3	4
Nasenspitze .	2	3,5	3,5	4		3	4	2,5	3	1,5	2
Roth d. Unterlippe . . .	2	2	2	2		2	2	2	2	1,5	1,5
Jochbein (Mitte) . .	6,5	8	8	9		8	9	5	5	5	5
Ballen des r. Daumens . .	5	5,5	8	8		6,5	7,5	4	4,5	4	4,5
Kuppe des r. Zeigefingers .	2	2	2,5	2,5		2	2	2	2	1	1

In den Tabellen LII bis LIV ist die geistige Ermüdung, wie sie sich in der Herabsetzung der Sensibilität ausspricht, im Vergleich zu derjenigen, welche die Schüler des Gymnasiums und der Ober-Realschule aufweisen, verschwindend klein. In Tab. LII und LIII sind noch die Werthe für 7 Uhr und 2 Uhr mit den Sonntagswerthen fast identisch. In Tab. LIV ist ein etwas grösserer Unterschied in dieser Hinsicht vorhanden. Bei den Spinn- und Webschülern (Tab. LV bis LVIII) liegen die Werthe um 2 Uhr ziemlich hoch. Dies kann nicht Wunder nehmen, wenn man bedenkt, dass die jungen Leute von 7, bezw. 8 Uhr Morgens bis 12 Uhr Mittags anstrengenden theoretischen Unterricht haben. Hierüber konnte ich Untersuchungen, die vielleicht ähnliche Resultate ergeben würden wie im Gymnasium und in der Ober-Realschule, bisher nicht anstellen. Während der dreistündigen praktischen Arbeit am Webstuhl tritt eine erhebliche Zunahme der geistigen Ermüdung nicht ein. Bei den Volontairs der Maschinenfabrik kann von einer geistigen Ermüdung kaum die Rede sein.

Ich will jetzt über diejenigen Messungen berichten, welche ich an Schülern der Classe I (Untersecunda) der Ober-Realschule

während des schriftlichen und mündlichen Examens zur Erlangung der Berechtigung zum einjährigen Heeresdienste und zum Eintritt in die III. Ober-Realclasse (Obersecunda) angestellt habe. Für die schriftliche Prüfung, während welcher ich neun Schüler untersuchte, habe ich verzeichnet:

1. die Werthe, welche ich unmittelbar nach beendeter Arbeitszeit fand;

2. die Werthe nach einer Erholung von derselben Zeitdauer wie diejenige, welche die Anfertigung der Arbeit beanspruchte (in einigen Fällen konnte die Zeit nicht genau eingehalten werden);

3. die an einem Ferientage gewonnenen, als physiologische Normalen zu bezeichnenden Werthe. Von einer Messung um 7 Uhr an jedem Arbeitstage musste leider Abstand genommen werden. Bei der mündlichen Prüfung wurden die Messungen unmittelbar vor dem Beginn und nach Schluss derselben angestellt und mit den physiologischen Normalen in den Tabellen verzeichnet.

Viertägiges schriftliches Examen der Cl. I (Untersecunda) in der Oberrealschule.

P. D. Alter 17 Jahre. Körperlänge und Gewicht wurden nicht ermittelt. Haar blond, Augen braun. Begabung und Fleiss ziemlich gut. Bemerkungen: Nichts Auffallendes.

Tabelle LXII.

Arbeitsfeld	1. Tag Deutscher Aufsatz Arbeitszeit: 7—12 h			2. Tag Französische Arbeit Arbeitszeit: 7—12 h			3. Tag Mathemat. Arbeit Arbeitszeit: 7—12 h			4. Tag Englische Arbeit Arbeitszeit: 7—12 h		
Messungszeiten	$^1/_2$12 h	$^1/_2$5 h	Ferientag	10 h	1 h	Ferientag	12 h	5 h	Ferientag	10$^1/_2$ h	1$^1/_2$ h	Ferientag
sp. W.												
Glabella . .	12	5	4	12	7	4	14	7,5	4	14	9	4
Nasenspitze .	5	2	1,5	5	3	1,5	6	3,5	1,5	7	5	1,5
Roth d. Unterlippe . . .	3	1	1	3	2	1	3,5	2	1	3,5	2	1
Jochbein Mitte) . . .	14	6	4,5	16,5	6	4,5	17	9	4,5	18,5	9	4,5
Ballen des r. Daumens . .	8	5	4	9,5	5	4	10,5	5	4	10,5	6	4
Kuppe des r. Zeigefingers .	3	1,5	1	2,5	1,5	1	2,5	2	1	3	2,5	1

Ch. A. Alter 16 Jahre, Körperlänge und Gewicht wurden nicht ermittelt, Haar blond, Augen blau; Begabung ziemlich gut, Fleiss gut. Sclera stark injicirt, Haut auf der Stirn und in der Umgebung des Auges faltig, Panniculus schwach entwickelt, Teint unrein. Der Schüler klagt häufig über Kopfweh und Schwindel, der Schlaf wird durch Aufschrecken unterbrochen.

Tabelle LXIII.

Arbeitsfeld	1. Tag Deutscher Aufsatz			2. Tag Französische Arbeit			3. Tag Mathemat. Arbeit			4. Tag Englische Arbeit		
Messungszeiten	12 h	5 h	Ferientag	10 h	1 h	Ferientag	$12\frac{1}{4}$ h	$5\frac{1}{4}$ h	Ferientag	$10\frac{1}{4}$ h	$1\frac{1}{4}$ h	Ferientag
sp. W.												
Glabella . . .	11	4	4	12	4,5	4	12	4	4	12	6	4
Nasenspitze . .	5	3	2,5	5	2,5	2,5	6	3,5	2,5	5	4	2,5
Roth der Unterlippe	3	1,5	1	3	1,5	1	3	2	1	3	2,5	1
Jochbein (Mitte)	15	6,5	6	19	6,5	6	18[1])	7	6	21[3])	11	6
Ballen d. rechten Daumens . .	10	5	4,5	11	7	4,5	9[2])	6	4,5	7,5	6	4,5
Kuppe des recht. Zeigefingers .	2,5	1,5	1	3	2	1	2,5	1,5	1	2,5	2	1

F. P. Alter 16 Jahre. Näheres in der Tabelle für das mündliche Examen.

Tabelle LXIV.

Arbeitsfeld	1. Tag: Deutscher Aufsatz			2. Tag: Französische Arbeit			3. Tag: Mathematische Arbeit			4. Tag: Englische Arbeit
Messungszeiten	12 h	5 h	Ferientag	$10\frac{1}{4}$ h	—	Ferientag	12 h	5 h	Ferientag	Keine Messungen
sp. W.										
Glabella . . .	10	4	4	12	—	4	11	5	4	
Nasenspitze . .	3	2	2	5,5	—	2	5	2	2	
Roth der Unterlippe . . .	3	1	1	2,5	—	1	2	1	1	
Jochbein (Mitte)	15	8	8	17	—	8	19	10	8	
Ballen d. rechten Daumens . .	9	4,5	4	9	—	4	8	5	4	
Kuppe d. rechten Zeigefingers .	2,5	2	1	3	—	1	3	2	1	

1) Bei 19 bis 22 mm Entfernung konnte nicht mit Sicherheit angegeben werden, ob die Zirkelspitzen sich nähern oder mehr von einander weichen.

2) Bei 10 bis 12 mm Entfernung wurden 2 Eindrücke als 3 empfunden.

3) Der einfach empfundene Eindruck wurde auf verschiedenen Stellen der Backe empfunden.

C. K. Alter 16 Jahre. Näheres in der Tabelle für das mündliche Examen.

Tabelle LXV.

Arbeitsfeld	1. Tag: Deutscher Aufsatz			2. Tag: Französische Arbeit			3. Tag: Mathematische Arbeit			4. Tag: Englische Arbeit
Messungszeiten	12 h	5 h	Ferientag	10h	erst nach 7 Std.	Ferientag	$12^1/_4$h	$5^1/_4$	Ferientag	Keine Messungen
sp. W.					5 h					
Glabella . . .	9	4,5	4	10	4,5	4	11	4,5	4	
Nasenspitze . .	3,5	3	3	5,5	3	3	5	3	3	
Roth der Unterlippe	3	1,5	1,5	3	1,5	1,5	2,5	2	1,5	
Jochbein (Mitte)	11	7	6	13,5	6	6	19	9	6	
Ballen d. rechten Daumens . .	10	4,5	4	10	4	4	9	4	4	
Kuppe d. rechten Zeigefingers .	2,5	2	1,5	2	2	1,5	3,5	2	1,5	

K. H. Alter 17 Jahre. Näheres in der Tabelle für das mündliche Examen.

Tabelle LXVI.

Arbeitsfeld	1. Tag: Deutscher Aufsatz			2. Tag: Französische Arbeit			3. Tag: Mathematische Arbeit			4. Tag: Englische Arbeit
Messungszeiten	$^1/_2$12h	—	Ferientag	11 h	3 h	Ferientag	12 h	5 h	Ferientag	Keine Messungen
sp. W.										
Glabella . . .	11	—	5	12,5	5	5	10	5	5	
Nasenspitze . .	4	—	1,5	4,5	3	1,5	5	2	1,5	
Roth der Unterlippe . . .	2	—	1,5	2	1,5	1,5	2,5	1,5	1,5	
Jochbein (Mitte)	11	—	6	15	6,5	6	15	6	6	
Ballen d. rechten Daumens . .	10	—	5	10	5	5	8	5	5	
Kuppe d. rechten Zeigefingers .	3	—	1	2	1	1	2,5	1	1	

A. R. Alter 14 ½ Jahre. Näheres in der Tabelle für das mündliche Examen.

Tabelle LXVII.

Arbeitsfeld	1. Tag: Deutscher Aufsatz			2. Tag: Französische Arbeit			3. Tag: Mathematische Arbeit			4. Tag: Englische Arbeit
Messungszeiten	½12h	—	Ferientag	11 h	3 h	Ferientag	12 h	5 h	Ferientag	Keine Messungen
sp. W.										
Glabella . . .	12	—	4	11	5,5	4	15	8	4	
Nasenspitze . .	5	—	2	5	3,5	2	5	3,5	2	
Roth der Unterlippe	4	—	1	2,5	2	1	2,5	1,5	1	
Jochbein (Mitte)	15,5	—	5	16,5	9	5	15	9	5	
Ballen d. rechten Daumens . .	12	—	4,5	8,5	5,5	4,5	9	4,5	4,5	
Kuppe d. rechten Zeigefingers .	2,5	—	1	2,5	2	1	3	2	1	

M. K. Alter 16 Jahre. Näheres in der Tabelle für das mündliche Examen.

Tabelle LXVIII.

Arbeitsfeld	1. Tag Deutscher Aufsatz			2. Tag Französische Arbeit			3. Tag Mathemat. Arbeit			4. Tag Englische Arbeit		
Messungszeiten	½12 h	—	Ferientag	11 h	—	Ferientag	12 h	5 h	Ferientag	10 h	5 h	Ferientag
sp. W.												
Glabella . . .	10	—	4	13	—	4	11	4	4	12,5	8	4
Nasenspitze . .	4,5	—	2	5	—	2	5	2	2	5	5	2
Roth der Unterlippe	2,5	—	1,5	3	—	1,5	2	1,5	1,5	3,5	2	1,5
Jochbein (Mitte)	7	—	5,5	14	—	5,5	14	6	5,5	15	11	5,5
Ballen d. recht. Daumens . .	7	—	4	9	—	4	7	4	4	8,5	6	4
Kuppe d. recht. Zeigefingers .	2,5	—	1,5	2,5	—	1,5	2	2	1,5	3	2	1,5

K. E. Alter 17 Jahre. Näheres in der Tabelle für das mündliche Examen.

Tabelle LXIX.

Arbeitsfeld	1. Tag Deutscher Aufsatz			2. Tag Französische Arbeit			3. Tag Mathemat. Arbeit			4. Tag Englische Arbeit
Messungszeiten	12 h	—	Ferientag	10 h	4 h	Ferientag	12 h	5 h	Ferientag	Keine Messungen
sp. W.										
Glabella	12	—	3,5	7	4,5	3,5	12	4,5	3,5	
Nasenspitze . . .	5	—	2,5	5,5	3	2	7	3,5	2	
Roth d. Unterlippe	2	—	2	3	2	2	3	2	2	
Jochbein (Mitte) .	10,5	—	4	15	6,5	4	22	7	4	
Ballen des rechten Daumens . . .	12	—	3,5	8	4	3,5	12	5	3,5	
Kuppe des rechten Zeigefingers . .	3	—	1	3	2	1	3	1	1	

M. Sch. Alter 18 Jahre, Körperlänge ?, Gewicht ?, Haar blond, Augen braun. Begabung und Fleiss mittelmässig. Bemerkungen: Haut auf der Stirn und um die Augen faltig; im Gesichte Epheliden, injicirte Scleralgefässe; der Schüler wird auf Struma behandelt.

Tabelle LXX.

Arbeitsfeld	1. Tag Deutscher Aufsatz			2. Tag Französische Arbeit			3. Tag Mathemat. Arbeit			4. Tag Englische Arbeit		
Messungszeiten	$12^{1}/_{4}$ h	—	Sonntag	11 h	3 h	Sonntag	12 h	—	Sonntag	11 h	5 h	Sonntag
sp. W.												
Glabella	12	—	3,5	13	7	3,5	14	—	3,5	15	12	3,5
Nasenspitze . . .	4	—	2	7	3	2	7	—	2	8	6	2
Roth der Unterlippe	2,5	—	2	3	2	2	4	—	2	5,5	3	2
Jochbein (Mitte) .	12	—	4,5	15	7	4,5	19	—	4,5	23	9	4,5
Ballen des rechten Daumens . . .	9	—	4	11	3	4	14	—	4	14	6	4
Kuppe des rechten Zeigefingers . .	3	—	1,5	3	2,5	1,5	3,5	—	1,5	3,5	2,5	1,5

Mündliche Prüfung der Cl. I (Untersecunde) der Oberrealschule.

Die Prüfung wurde unter dem Vorsitze eines Regierungscommissars (Oberschulraths) sectionsweise vorgenommen. Die einzelnen Abtheilungen bestanden aus 4 bis 5 Schülern. In alphabetischer Reihenfolge wurde jeder derselben 5—10 Minuten in dem gleichen Fache geprüft. Während der Prüfung des Einzelnen blieb die Aufmerksamkeit aller übrigen der Abtheilung angehörigen

Schüler in Anspruch genommen. Gleich nach Beendigung des ersten Faches folgte ein zweites. Nach der Prüfung in dem zweiten Fache wurde eine Pause von 10—15 Minuten gemacht. Dann folgte die Prüfung in zwei anderen Fächern in derselben Weise. Die Prüfung erstreckte sich über 42 Schüler, von denen hier 35 berücksichtigt werden konnten. Für alle Messungen sp. W.

I. Abtheilung.

Dauer der Prüfung von 7 Uhr 50 Min. bis 9 Uhr 50 Min. Fächer: Französisch, Deutsch, Geschichte, Mathematik.

Tabelle LXXI.

Messungszeit	Vor der Prüfung	Nach der Prüfung	Arbeitsfreie Zeit	Vor der Prüfung	Nach der Prüfung	Arbeitsfreie Zeit	Vor der Prüfung	Nach der Prüfung	Arbeitsfreie Zeit	Vor der Prüfung	Nach der Prüfung	Arbeitsfreie Zeit
Name	C. E			K G.			P. G			E. G.		
Stirn (Glabella)	5	12	3,5	4	16	4	5,5	13	6	8	13	4,5
Nasenspitze . .	2	5,5	2	2	6	2	2	5	1,5	2	4,5	1,5
Roth der Unterlippe . . .	2	4	2	2	5	2	2	4	2	2	3	1,5
Jochbein (hint.)	6	31	6	10	19	8	8	22	8,5	12	20	8
Jochbein (vorne)	4,5	15	4	8	12	6	6,5	2	6,5	9	12	6
Ballen des Daumens . .	5	14	3,5	8	12	6	5,5	12	5	6	9	5
Kuppe d. Zeigefingers . . .	1,5	4,8	1	1,5	4,5	1,5	1,5	3	1,2	2	4	1
Alter . . .	März 1877			Decemb. 1877			Septemb. 1879			März 1878		
Körperlänge . .	162 cm			170 cm			157 cm			165 cm		
Gewicht . . .	64 kg			67 kg			45 kg			50 kg		
Haar	schwarzbraun			blond			dunkelblond			blond		
Augen	braun			graubraun			dunkelbraun			graublau		
Begabung .	ziemlich gut			gut			gut			mittelmässig		
Fleiss . . .	ziemlich gut			gut			gut			gut		

Zu C. E.: Injicirte Scleralgefässe; Epheliden, frisches Aussehen.

Zu K. G.: Haut in der Umgebung der Augen und auf der Stirn faltig, häufig Nasenbluten.

Zu P. G.: Haut auf der Stirn leicht faltig; Panniculus schwach entwickelt, häufig Nasenbluten, gebraucht wegen Anaemie die Quelle von Leviko; während des unruhigen Schlafes redet der Schüler viel.

Zu E. G.: Haut in der Umgebung der Augen und auf der Stirn faltig, Conjunctiva und Gingiva anaemisch, häufiges Nasenbluten, der Schüler arbeitete einige Wochen vor dem Examen häufig bis 3 Uhr Nachts, sein Schlaf wird durch Aufschrecken gestört.

II. Abtheilung.

Dauer der Prüfung von 10 Uhr bis 12 Uhr 10 Min. Fächer: Englisch, Chemie, Physik, Geographie.

Tabelle LXXII.

Messungszeit / Name	Vor der Prüfung	Nach der Prüfung	Arbeitsfreie Zeit	Vor der Prüfung	Nach der Prüfung	Arbeitsfreie Zeit	Vor der Prüfung	Nach der Prüfung	Arbeitsfreie Zeit	Vor der Prüfung	Nach der Prüfung	Arbeitsfreie Zeit	Vor der Prüfung	Nach der Prüfung	Arbeitsfreie Zeit
	K. H.			P. J.			C. K.			G. K.			R. L.		
Stirn (Glabella)	6	13,5	5	10	17	8	6	13	4	9	16	9	8	20	5
Nasenspitze	2	5	1,5	3,5	6,5	3,5	4	6	3	?	5	2,5	3,5	5	1,5
Roth d. Unterlippe	2	4	1,5	2	5	2	1,5	5	1,5	?	4	2	1,5	3,5	1
Jochbein (hinten)	10	16	8	12,5	25	9	11	17	7	15	24	10	11	28	8
Jochbein (vorn)	2	11	6	11	15	7,5	8	12	5	11	13	7	8	12	5
Ballen d. Daumens	6,5	12	5	8,5	13,5	6,5	6,5	12	4	7	14	6	7	10,5	4,5
Kuppe d. Zeigefing.	1,5	4	7	1,5	3	1,5	1,5	3	1,5	2	4,5	2	1,5	3	1,2
Alter	Sept. 1877			Sept. 1878			Nov. 1878			Juni 1874			Jan. 1878		
Körperlänge	173 cm			174 cm			170 cm			176 cm			156 cm		
Gewicht	56 Kilo			64 Kilo			56 Kilo			70½ Kilo			50 Kilo		
Haare	braun			braun			schwarz			dunkelbraun ebenf. d. Bart			rothblond		
Augen	braun			braun			braun			braun			blau		
Begabung	zieml. gut			zieml. gut			zieml. gut			zieml. gut			zieml. gut		
Fleiss	gut			» »			gut			zuletzt z. g.			» »		

Zu K. H.: Stark injicirte Scleral- und Lidgefässe, Nystagmus und Blepharospasmus, der namentlich bei Gemüthserregung heftig auftritt, z. B. während der Prüfung; auch sonst erhöhte Reflexerregbarkeit, Zittern der Hände. Auf dem linken Ohre besteht Perforation des Trommelfells, Panniculus schwach entwickelt, oft Nasenbluten; Brille: — 2,25 D, der Schüler träumt viel von Schularbeiten.

Zu P. J.: Blasse Gesichtsfarbe, unreiner Teint, erhöhte Reflexerregbarkeit, der Schüler ist etwas anaemisch und medicinirt desswegen zeitweilig. Vor dem Examen hat der Schüler vor Aufregung und Angst vor dem Fach der Geschichte, wie er angab, nicht geschlafen.

Zu C. K.: Derselbe Schüler wie in Tab. LXV. Blasses anaemisches Aussehen; der Schüler trinkt zeitweilig Stahlquelle, Haut in der Umgebung der Augen faltig, Zittern der Hände. In der Nacht nach dem Examen hat der Schüler von diesem unangenehm geträumt, ein derartiges Träumen findet sich häufig, der Schüler erwacht aus solchen Träumen mit einem Schrei und Herzklopfen.

Zu G. K.: Der Schüler klagt über Herzklopfen; der Puls ist unregelmässig. Stark geröthete Lidränder, injicirte Scleralgefässe, Epheliden im Gesichte.

Zu R. L.: Stark geröthete Lidränder, injicirte Scleralgefässe, Epheliden im Gesichte.

III. Abtheilung.

Dauer der Prüfung von 3 Uhr 5 Min. bis 5 Uhr 20 Min. Fächer: Englisch, Deutsch, Geographie, Physik.

Tabelle LXXIII.

Messungszeit	Vor der Prüfung	Nach der Prüfung	Arbeitsfreie Zeit	Vor der Prüfung	Nach der Prüfung	Arbeitsfreie Zeit	Vor der Prüfung	Nach der Prüfung	Arbeitsfreie Zeit	Vor der Prüfung	Nach der Prüfung	Arbeitsfreie Zeit	Vor der Prüfung	Nach der Prüfung	Arbeitsfreie Zeit
Name	F. M.			J. M.			A. M.			F. P.			A. R.		
Stirn (Glabella) . .	9	17	5	8	12	6	7,5	13	4,5	9	19	4	6	17	4
Nasenspitze . . .	5	4	2	4,2	5	2	3	5	2	4	5	2	4	5	2
Roth d. Unterlippe .	1,5	4	1,5	3	3	1,5	2,5	3	1	4	5,5	1	2	3,5	1
Jochbein (hinten) .	14	20	8	12	15	7	12	17	8,5	3	20	8,5	15	27	7
Jochbein (vorne) .	10	14	6	8,5	12	5	10	12	6	9	15	6	10	17	5,5
Ballen d. Daumens .	7	12	4	7	9	4	10	11	5	7	11	4	6	10	4,5
Kuppe d. Zeigefing.	2	4	1	2	3	1	3	3	1,5	2,5	2	1	2	3,5	1
Alter	Aug. 1878			März 1879			Mai 1877			Sept. 1877			Sept. 1879		
Körperlänge . . .	168 cm			158 cm			172,5 cm			173 cm			169 cm		
Gewicht	52 kg			48 kg			72,5 kg			62,5 kg			57 kg		
Haar	braun			blond			blond			braun			schwarzbr.		
Augen	gelbbraun			blau			blau			graubraun			graublau		
Begabung	zieml. gut			gut			zieml. gut			zieml. gut			zieml. gut		
Fleiss	gut			zieml. gut			» »			» »			gering		

Zu F. M.: Der Schüler lahmt in Folge essentieller Kinderlähmung auf dem rechten Beine. Der Schüler klagt häufig über Kopfschmerz, gibt an Examensangst vor der Geschichte gehabt zu haben.

Zu J. M.: Schwach entwickelter Panniculus, geröthete Lidränder.

Zu A. M.: Injicirte Scleralgefässe, unruhiger Schlaf mit Aufschreien und Wandeln.

Zu F. P.: Derselbe Schüler wie in Tab. LXIV. Vor 2 Jahren auf dem rechten Auge Strabismusoperation. Linkes Auge schwach myop. Im Bereiche des linken II. Trigeminusastes besteht eine Neurose, die sich in zeitweisen spastischen Contractionen einzelner Muskelgruppen der Wange kund gibt. Stirnhaut zeigt leichte Falten. Alle 2 bis 3 Monate stellt sich fast täglich Nasenbluten ein. Der Schüler verlässt gelegentlich im Schlafe das Bett und wandelt im Zimmer umher; Auswendiggelerntes wird im Traume reproducirt.

Zu A. R.: Derselbe Schüler wie in Tab. LXVII. Blasse Gesichtsfarbe, unreiner Teint, Haut auf der Stirn und im Bereiche des Orbicularis oculi mit leichten Falten; träumt von Schularbeiten.

IV. Abtheilung.

Dauer der Prüfung von 5 Uhr 50 Min. bis 7 Uhr 20 Min. Fächer: Geschichte, Französisch, Mathematik, Chemie.

Tabelle LXXIV.

Messungszeit / Namen	A. S. Vor der Prüfung	A. S. Nach der Prüfung	A. S. Arbeitsfreie Zeit	A. Sch. Vor der Prüfung	A. Sch. Nach der Prüfung	A. Sch. Arbeitsfreie Zeit	P. S. Vor der Prüfung	P. S. Nach der Prüfung	P. S. Arbeitsfreie Zeit	E. S. Vor der Prüfung	E. S. Nach der Prüfung	E. S. Arbeitsfreie Zeit
Stirn (Glabella)	9	15	3,5	11	15	4,5	9	15	6	6	12	5
Nasenspitze	4	5	2	3	6	2	3	5	1,5	2	3	1,5
Roth der Unterlippe	2	3	1	3	4,5	1,5	3	5	1,5	1,5	3	1,2
Jochbein (hint.)	11	25	6	14	21	9	14	25	8	11	24	9
Jochbein (vorne)	7	13	4	10	17	7	9	14	6	8	15	6,5
Ballen des Daumens	8	11	4	6	11	3,5	7	10	4,5	6	10	5,5
Kuppe d. Zeigefingers	3	3	1	2	3,5	1	2	3,5	1	1,5	3	1,5

	A. S.	A. Sch.	P. S.	E. S.
Alter	Zu vergl.	Novemb. 1879	April 1878	Juli 1877
Körperlänge	Tab. XXXIV	163 cm	156 cm	155 cm
Gewicht		40 kg	$47\frac{1}{2}$ kg	70 kg
Haar		blond	braun	schwarz
Augen		blau	braun	braun
Begabung		gut	ziemlich gut	ziemlich gut
Fleiss		gut	gut	wenig befriedigend

Zu A. Sch.: Zarte Körperbeschaffenheit; erhöhte Reflexerregbarkeit, Zittern der Hände, schläft schwer ein, träumt viel von seinen Schularbeiten, namentlich in der Zeit vor und unmittelbar nach der Prüfung, gibt an, Examensangst vor der Geschichte gehabt zu haben.

Zu P. S.: Orbicularis oculi welk, blasses Aussehen, oft Kopfweh und Herzklopfen, Zittern der Hände, Pannicularis mangelhaft entwickelt; in den letzten Nächten vor der Prüfung wenig geschlafen, Examensangst vor der Geschichte, im Traume wird Auswendiggelerntes reproducirt.

Zu E. S.: Gelber Teint, stark injicirte Scleralgefässe.

V. Abtheilung.

Dauer der Prüfung von 7 Uhr 20 Min. bis 9 Uhr 20 Min. Fächer: Französisch, Deutsch, Geschichte, Mathematik.

Tabelle LXXV.

Messungszeit	Vor der Prüfung	Nach der Prüfung	Arbeits-freie Zeit	Vor der Prüfung	Nach der Prüfung	Arbeits-freie Zeit	Vor der Prüfung	Nach der Prüfung	Arbeits-freie Zeit	Vor der Prüfung	Nach der Prüfung	Arbeits-freie Zeit
Name	C. W.			C. Wlt.			L. W.			C. Wk.		
Stirn (Glabella)	5,5	15	4	6,5	11	5	11	15	7	7	12	5
Nasenspitze	2,5	6	2	3	7	2	4	6	2	2,5	6,5	2
Roth der Unterlippe	2	4	1	1	3	4	2	5	1,5	1	3	1
Jochbein (hint.)	1,2	27	7	10	30	8	14	20	8	12	19	10
Jochbein (vorne)	10	20	5	7	16	6	10	11	6	10	13	8
Ballen des Daumens	2	4	1,0	5	11	4	5	7	4	5	11	4
Kuppe d. Zeigefingers	—	—	—	1,5	3,5	1	1	3	1	1,5	2,5	1
Alter	April 1878			März 1876			Sept. 1878			Juni 1877		
Körperlänge	162 cm			177 cm			157 cm			160 cm		
Gewicht	52½ kg			71 kg			45 kg			60 kg		
Haar	dunkelblond			braun			braun			dunkelblond		
Augen	graublau			braun			braun			braun		
Begabung	ziemlich gut			mittelmässig			mittelmässig			ziemlich gut		
Fleiss	ziemlich gut			ziemlich gut			mittelmässig			mittelmässig		

Zu C. W.: Schlaffer Orbicularis oculi, blasse Gesichtsfarbe, öfters Nasenbluten; in den letzten Nächten vor dem Examen nicht geschlafen.

Zu C. Wlt.: Klagt häufig über Kopfweh; Zittern der Hände, träumt Nachts von Geschichtsdaten.

Zu L. W.: Zarte Körperbeschaffenheit, Panniculus mangelhaft entwickelt, Orbicularis oculi schlaff, tiefe Stirnfalten.

Zu C. Wk: Linkes Ohr schwerhörig; athmet wegen operativer Eingriffe in der Nase durch den Mund; Gesicht mit zahlreichen Epheliden.

VIII. Abtheilung.

(VI. und VII. Abtheilung konnten nicht gemessen werden.)

Dauer der Prüfung von 3 Uhr bis 5 Uhr 40 Min. Prüfungsfächer: Englisch, Deutsch, Physik, Geographie.

Tabelle LXXVI.

Messungszeit	Vor der Prüfung	Nach der Prüfung	Arbeitsfreie Zeit	Vor der Prüfung	Nach der Prüfung	Arbeitsfreie Zeit	Vor der Prüfung	Nach der Prüfung	Arbeitsfreie Zeit	Vor der Prüfung	Nach der Prüfung	Arbeitsfreie Zeit	Vor der Prüfung	Nach der Prüfung	Arbeitsfreie Zeit
Name	G. K.			J. K.			M. K.			K. K.			V. K.		
Stirn (Glabella) . .	5,5	12[1]	5	4,5	12	4	7,5	14	4	6,5	10	5,5	5	17	5
Nasenspitze . . .	1,5	5	1,3	1,5	4	1,5	3	6	2	2	5	1,5	8	7	3
Roth der Unterlippe	1,5	2,5	1	1,5	3	1,5	3	4	1,5	1	3	1	2,5	4,5	2
Jochbein (hinten) .	8	24	7	7,5	22	9	11	25	7	8	21	8	12	34	10
Jochbein (vorne)	6	11	6	5	12	7	8,5	12	5	5	9	5	9	17	5
Ballen des Daumens	5	9	3,5	5	12	5	8	11,5	4	2,5	9	5	8	15	6
Kuppe des Zeigefingers	2	3	1,5	1	3,5	1	1	2,5	1,5	2,5	3	2	2,5	4	1
Alter	Febr. 1877			März 1879			Dec. 1877			Juli 1878			Aug. 1876		
Körperlänge . . .	161 cm			?			165 cm			170 cm			169 cm		
Gewicht . . .	57,5 kg			?			63 kg			54 kg			62,5 kg		
Haar	braun			dunkelbld.			dunkelbld.			blond			blond		
Augen	graublau			braun			braun			blau			braun		
Begabung	zieml. gut			zieml. gut			gut			zieml. gut			mittelmäss.		
Fleiss	gut			gut			zieml. gut			» »			gut		

Zu G. K.: Schlaffer Orbicularis oculi, Zittern der Hände. — Der Schüler machte das Examen zum zweiten Male.

Zu J. K.: Schlaffer Orbicularis oculi, Conjunctiva und Gingiva anaemisch, Panniculus mangelhaft entwickelt.

Zu M. K.: Derselbe Schüler wie in Tab. LXVIII. Orbicularis oculi schlaff, Brille — 1,5; klagt über Hautjucken und Kopfweh, medicinirt Eisenpräparate, häufig Nasenbluten Morgens nach dem Aufstehen, unruhiger Schlaf, häufig mit Alpdrücken.

Zu K. K.: Muskulatur und Panniculus schwach entwickelt, schlaffer Orbicularis oculi, stark injicirte Scleralgefässe, auffallend weite Pupillen; nächtliches Aufschrecken.

Zu V. K.: Alte und welke Gesichtszüge, Haut auf der Stirn und in der Umgebung der Augen faltig, litt zeitweise unter Heimweh.

1) Bei 14—16 mm Entfernung wurden 2 Eindrücke als 3 empfunden.

IX. Abtheilung (mit Ausnahme eines Schülers).

Dauer der Prüfung von 6 Uhr 15 Min. bis 7 Uhr 30 Min. Prüfungsfächer: Mathematik, Französisch, Chemie, Geschichte.

Tabelle LXXVII.

Messungszeit / Name	H. L. Vor der Prüfung	H. L. Nach der Prüfung	H. L. Arbeitsfreie Zeit	L. L. Vor der Prüfung	L. L. Nach der Prüfung	L. L. Arbeitsfreie Zeit	K. M. Vor der Prüfung	K. M. Nach der Prüfung	K. M. Arbeitsfreie Zeit
Stirn (Glabella)	7	15	6,5	10	16	7	8	15	6
Nasenspitze .	3,5	6	3,5	5	7	3,5	3	8	2
Roth d. Unterlippe . . .	2,5	4	2,5	3	5	2	2	3,5	1,5
Jochbein (hinten) . .	12	24	10	13	24	8,5	10	18	6,5
Jochbein (vorne) . .	7,5	12	6,5	6,5	11	6	6	12	4
Ballen des Daumens .	7	11	5	3	4	2	6	10	5
Kuppe des Zeigefingers	2	4	1,5	—	—	—	2	3	1
Alter	Juni 1877			August 1875			August 1876		
Körperlänge .	180 cm			179 cm			178 cm		
Gewicht . .	79 kg			64 kg			76 kg		
Haar . . .	blond			dunkelblond			braun		
Augen . . .	blau			blau			braun		
Begabung . .	ziemlich gut			mittelmässig			gut		
Fleiss . . .	gut			ziemlich gut			gut		

Zu H. L.: Injicirte Scleralgefässe, häufig Kopfweh, namentlich im Hinterkopf und in der Supraorbitalgegend, häufig Nasenbluten und Herzklopfen, Körper aber kräftig entwickelt.

Zu L. L.: Injicirte Scleralgefässe, Orbicularis oculi schlaff, tiefliegende Augen, Panniculus mangelhaft entwickelt, häufig Nasenbluten.

Zu K. M.: Injicirte Scleralgefässe, Stirnfalten, Epheliden.

X. Abtheilung (mit Ausnahme eines Schülers).

Prüfungsdauer von 7 Uhr 25 Min. bis 9 Uhr 30 Min. Prüfungsfächer: Deutsch, Französisch, Mathematik, Geschichte.

Tabelle LXXVIII.

Messungszeit / Name	Vor der Prüfung	Nach der Prüfung	Arbeitsfreie Zeit	Vor der Prüfung	Nach der Prüfung	Arbeitsfreie Zeit	Vor der Prüfung	Nach der Prüfung	Arbeitsfreie Zeit
	A. Sch.			M. Sch.			L. S.		
Stirn (Glabella)	11	15	5	7	15	7	9	15	9
Nasenspitze .	4	8	2,5	3	5	2	4	3	3
Roth d. Unterlippe . . .	1,5	4	1,5	1,5	3,5	1	1,5	2,5	1,5
Jochbein (hinten) . .	11	27	7	11	26	9	10	25	9
Jochbein (vorne) . .	8	14	5	7	12	6	7	15	7
Ballen des Daumens .	8	12	5	7	11	5	6	10,5	5
Kuppe des Zeigefingers	1,5	5	1	1,5	2,5	1	1,5	2,5	1
Alter . . .	Juni 1876			Februar 1878			Decemb. 1876		
Körperlänge	173 cm			173 cm			164 cm		
Gewicht . .	76 kg			63 kg			63,5 kg		
Haar . . .	blond			schwarzbraun			blond		
Augen . . .	braun			braun			grau		
Begabung .	mittelmässig			ziemlich gut			mittelmässig		
Fleiss . . .	gut			gut			gering		

Zu A. Sch.: Wegen neuralgischer Schmerzen in den Eingeweiden, in der Seite und im Rücken, wegen häufiger Kopfschmerzen, Appetitlosigkeit und Abgeschlagenheit musste sich der Schüler nach dem schriftlichen Examen in eine Kaltwasserheilanstalt begeben.

Zu M. Sch.: Faltige Haut auf der Stirn und in der Umgebung der Augen, Zittern der Hände, träumte vor dem Examen viel von seinen Schularbeiten, namentlich von mathematischen Formeln und Geschichtszahlen.

Zu L. S.: Stirnfalten; manchmal Kopfweh und Alpdrücken.

XI. Abtheilung (mit Ausnahme von zwei Schülern).

Prüfungsdauer von 10 Uhr 20 Min. bis 12 Uhr 35 Min. Prüfungsfächer: Chemie, Physik, Geographie, Englisch.

Tabelle LXXIX.

Messungszeit / Name	Vor der Prüfung	Nach der Prüfung	Arbeitsfreie Zeit	Vor der Prüfung	Nach der Prüfung	Arbeitsfreie Zeit
	A. W.			L. Z.		
Stirn (Glabella)	7	10	4,5	6	14	5
Nasenspitze	4	4,5	1,5	3	5	1,5
Roth der Unterlippe	2,5	3	1	2	4	1
Jochbein (hinten)	11	15	6	10	20	9
Jochbein (vorne)	8	13	5	7	17	6
Ballen des Daumens	8	9	5	6	10	4
Kuppe des Zeigefingers	2	3	1,5	2,5	4	1,5
Alter	Juli 1877			Januar 1880		
Körperlänge	170 cm			162 cm		
Gewicht	62,5 kg			56 kg		
Haar	blond			blond		
Augen	graubraun			blau		
Begabung	gut			gut		
Fleiss	»			»		

Zu A. W.: Stark injicirte Scleralgefässe, Hautfalten auf Stirn und in der Umgebung der Augen, der Schlaf wird häufig durch Aufschrecken unterbrochen.

Zu L. Z.: Zittern der Hände.

Ueber die Ermüdung der Herren Examinatoren konnten aus Mangel an Zeit keine Untersuchungen angestellt werden. Der Herr Regierungscommissar hatte die Freundlichkeit, sich am zweiten und dritten Prüfungstage der Messung zu unterziehen, und welchen Grad die geistige Ermüdung bei demjenigen erreicht, der die Prüfung leitet, mit gespannter Aufmerksamkeit ihren Ergebnissen folgt und auch gelegentlich selbst die Prüfung übernimmt, zeigen die Beträge (Tab. LXXX), welche diese Messungen ergeben haben. —

Tabelle LXXX.

	2. Prüfungstag				3. Prüfungstag	
	7 h	11 h 45 M.	3 h	7 h 45 M.	7 h	12 h 40 M.
sp. W.						
Glabella . . .	8	12	7	18	10,5	18
Nasenspitze . .	5	9	5	8,5	7	11
Roth der Unterlippe . . .	2,5	4,5	3	5	5	7
Jochbein (hint.)	13	26	18	34	15	28
Jochbein (vorne)	10	16	10	17,5	11	19
Daumenballen .	7	11,5	9	14,5	9	12
Zeigefingerkup.	1,5	3	2,5	5	2	4

Endlich führe ich noch die Maassbeträge an, welche ich bei der mündlichen Reifeprüfung der beiden Schüler der oberen technischen Fachclasse erhielt.

Prüfungsfächer: Mechanik, Mathematik, Physik, Chemie.
Prüfungsdauer: 30 Min. 25 Min. 20 Min. 20 Min.

Tabelle LXXXI.

	X. L. Derselbe Schüler wie in Tab XLVIII			H. Th. Derselbe Schüler wie in Tab. XLVII		
	Vor der Prüfung	nach d. Prüfung	Normalen	Vor der Prüfung	nach d. Prufung	Normalen
sp. W.						
Glabella	5	17	3,5	5	15	4
Nasenspitze	2,5	5	2	3	6	3
Roth der Unterlippe.	2	4	2	2,5	3	2
Jochbein (hinten) . .	7	29	5	7	28	6
Jochbein (vorne) . .	5	21	3,5	6	20	4,5
Daumenballen . . .	4	14	4	5,5	12	4,5
Zeigefingerkuppe . .	1,5	3	1,5	2,5	3	2

Aus dem Mitgetheilten ergibt sich unzweifelhaft, dass andauernde Erregung des Gehirns durch geistige Anstrengung ein Sinken der Nervenenergie zur Folge hat. Wenn Erholung nicht oder nur in geringem Grade gewährt wird, so tritt eine Abnahme der Erregbarkeit immer deutlicher hervor. — Geistige Ermüdung äussert sich namentlich in der Schwierigkeit, einer an unser Denkvermögen gestellten Aufgabe — im Hinblick

auf die Schule, dem Unterrichte — mit Theilnahme zu folgen, mit einem Worte, sie äussert sich in Unaufmerksamkeit. Diese ist gewissermaassen ein Sicherheitsventil, wie Kraepelin sich ausdrückt, durch welches sich das Gehirn vor zunehmender Ermüdung schützt. — Ein sicheres Anzeichen von dauernder Hirnermüdung spricht sich, unter sonst normalen körperlichen Verhältnissen, darin aus, dass der Betroffene über Druck im Kopfe, namentlich im Hinterkopfe und in der Oberaugenhöhlengegend der Stirn klagt, dass er einen unruhigen Schlaf hat, der durch Aufschrecken und Aufschreien (Pavor nocturnus) unterbrochen wird.

Dazu gesellen sich im wachen Zustande Störungen der Empfindungssphäre, erhöhte Reflexthätigkeit und eine abnorme Erregbarkeit des Gefässsystems bei unbedeutender Veranlassung.

Andauernde geistige Ermüdung kann sich ferner darin kundgeben, dass die betreffende Person im Schlafe oder in krankhaften Zuständen von ihren Arbeiten träumt und redet. Ich gedenke hier eines Falles, der einen jungen Mann im schriftlichen Examen betrifft. Derselbe wurde plötzlich von einem asthmatischen Anfall heimgesucht und phantasirte in diesem Zustande fortwährend von seiner vorhergegangenen geistigen Beschäftigung. Es fragt sich, bei welchem Grade von geistiger Arbeitsleistung tritt Hirnermüdung von längerer Dauer ein? Diese Frage lässt sich nicht so leicht beantworten, und jedenfalls muss man bei einer hierauf bezüglichen Untersuchung auf Alter und Körperbeschaffenheit, auf die ganze Individualität und manche andere Umstände, namentlich auch auf die Nahrungsaufnahme Rücksicht nehmen. Mosso hält es allgemein für wahrscheinlich, »dass die Ermüdung in einer Nervenzelle des Gehirns schon nach 3 oder 4 Secunden der Thätigkeit eintritt.« Dass das Gehirn, trotz der schnellen Functionsabnahme seiner Elemente, weiter zu arbeiten im Stande ist, lässt sich dadurch erklären, dass wir in den Hirnwindungen einige Milliarden Zellen besitzen, die sich in ihren Obliegenheiten ablösen können.

Wenn nun die im Vorhergegangenen angeführten Methoden zur Ermittelung geistiger Ermüdung nicht gänzlich unzureichend sind, und wenn zahlreiche Beobachtungen in Bezug auf patho-

logische Zustände nicht trügen, dann steht es fest, dass kein Schulknabe und selbst kein Erwachsener, ohne Gefahr für seine Gesundheit, Tag ein Tag aus geistig so lange zu arbeiten im Stande ist, wie es der heutige höhere Unterricht bei strenger Durchführung erheischt. Kein Wunder, wenn sich unter solchen Bedingungen Ueberbürdungserscheinungen bemerklich machen, und dass es so ist, trifft leider vielfach zu. Die Thatsache geht unzweifelhaft hervor aus den Beobachtungen Nesteroff's [1]) und Warner's [2]), aus den Untersuchungen Key's [3]), sowie aus den Mittheilungen Erb's [4]) und anderer Neurologen.

Die Symptome geistiger Ueberanstrengung äussern sich in einer Reihe von nervösen Zuständen, die ich hier nicht alle aufführen kann; wer sie kennt und einen Blick dafür hat, der wird sie auch mehrfach in den vorhergegangenen Bemerkungen wiederfinden, welche ich bei jedem Schüler hinzugefügt habe. Diese Symptome dürften nicht mit Unrecht als die ersten Vorboten des unheimlichen proteusartigen Gespenstes, der Neurasthenie, betrachtet werden, welche sämmtliche Berufsclassen der gebildeten Stände mehr oder weniger heimsucht. — Eine Hygiene des Nervensystems in der Schule ist kaum in ihren ersten Anfängen vorhanden. Sie hat auf Zweierlei Rücksicht zu nehmen: 1. auf Verhütung andauernder geistiger Ermüdung durch die Anforderungen der Schule, 2. auf solche Einflüsse, die schädigend von Aussen her wirken, d. h. nicht durch die Organisation des Unterrichtes bedingt werden. Ich habe über Nervenhygiene in der Schule Manches zu sagen, und werde es auch bei Gelegenheit thun. Hier beschränke ich mich auf einige wenige Punkte, die in directem Zusammenhange mit meinen Messungen des Empfindungsvermögens der Haut stehen.

---

1) Nesteroff, Die moderne Schule und die Gesundheit. Zeitschrift für Schulgesundheitspflege, 1890.

2) Kotelmann. Warner's Bericht über die ärztliche Untersuchung von 14 Londoner Schulen, daselbst 1890.

3) Key, a. a. O.

4) Erb, Ueber die wachsende Nervosität unserer Zeit. Heidelberg, Koester 1894.

Diese Messungen haben mehrfach die Thatsache erbracht, dass nach dem Morgenunterrichte das normale Empfindungsvermögen der Haut und damit geistige Erholung um 2 Uhr Nachmittags noch nicht zurückgekehrt ist. Wenn aber das noch müde Gehirn aufs Neue in Anspruch genommen wird, so kann dies auf die Dauer zu ernstlicher Schädigung der Gesundheit führen.

Aus diesem Grunde muss man bei der Ansetzung von Nachmittagsunterricht, durch den die Ermüdung oft einen noch höheren Grad erreicht als durch den Vormittagsunterricht, mit grösster Umsicht verfahren. Jedenfalls erfolgt der Beginn, nach Ausdehnung des Morgenunterrichtes bis 12 Uhr, um 2 Uhr zu früh. Auch wird die Verdauung durch geistige Anstrengung verzögert, in höherem Grade sogar gehemmt. Im Mittel beträgt der Aufenthalt der Speisen im Magen nach kräftiger Mahlzeit 3 bis 4 Stunden. Die Verdauung ist also noch nicht genügend vorgeschritten, wenn der Nachmittagsunterricht um 2 Uhr beginnt. Aber auch ein anderer Punkt kommt bei der Ansetzung desselben in Betracht, der nämlich, dass auf diese Weise durch die Schule eine *dreimalige tägliche* Beanspruchung des Gehirns bedingt wird, zum dritten Male dann, wenn die Schüler sich an ihre häuslichen Schularbeiten begeben. Wenn man nun bedenkt, dass manche Schüler auch in der Zeit von 12 bis 2 Uhr noch einzelne Arbeiten vollenden, *so ist das jugendliche Gehirn vom frühen Morgen bis zum späten Abend ununterbrochen in Thätigkeit, und das muss auf die Dauer schädlich wirken.* Das Richtigste wird sein, *alle wissenschaftlichen* Nachmittagsstunden, wie es beispielsweise im Gymnasium zu Mülhausen im Sommer der Fall ist, gänzlich zu beseitigen. Auf diese Weise wird Zeit gewonnen, auch der körperlichen Pflege mehr Aufmerksamkeit zu widmen, als es die Zeit sonst erlaubt. Gymnastische Uebungen und Turnspiele, im Sommer im Freien, im Winter in geräumigen und gesunden Hallen, verlege man auf den Nachmittag. Damit ist dann auch denjenigen Eltern gedient, welche thörichter Weise für ihre Kinder auch in dieser Zeit Beschäftigung in der Schule wünschen. Des

Morgens sollte der Unterricht auch im Sommer nie vor 8 Uhr, für jüngere Schüler, die weniger Stunden haben, nie vor 9 Uhr beginnen. Man könnte ihn aber mit abgekürzten Stunden an Orten, wo es sich mit den häuslichen und geschäftlichen Einrichtungen des bürgerlichen Lebens verträgt, bis ½1 Uhr beziehungsweise bis 1 Uhr ausdehnen. Dieses Verfahren ist viel weniger gefährlich als wissenschaftlicher Nachmittagsunterricht. Wenn die Schule im Sommer, wie es leider vielfach Gebrauch ist, schon um 7 Uhr beginnt, und die Schüler, um Ueberstürzungen für sich und das Haus zu vermeiden, oft schon um ½6 Uhr aufstehen müssen, so ist die Nachtruhe in vielen Fällen zu kurz, und die Schüler kommen nicht frisch in den Unterricht.

Kein tiefer blickender Examinator kann darüber im Zweifel sein, dass er durch eine Prüfung allenfalls einen gewissen Einblick in die Kenntnisse eines Menschen, nicht aber ein sicheres Urtheil über sein geistiges Können zu gewinnen vermag. Es werden daher von Zeit zu Zeit immer wieder Vorschläge laut, die Prüfungen in der Schule wegen ihrer Unzulänglichkeit zu beseitigen. Wenn, wie auf der Schule, eine genaue persönliche Kenntniss des Prüflings nach jahrelanger Beobachtung und Beurtheilung in Zeugnissen vorliegt, so steht der Abschaffung, oder doch der erheblichen Einschränkung der Prüfungen Nichts im Wege. Dadurch würde eine grosse Entlastung des jugendlichen Gehirns erzielt und eine bedeutende psychische Aufregung, sowie manche körperliche Unpässlichkeit vermieden; denn dass gerade für die Prüfungen, speciell für das mündliche Examen, besonders angestrengt und oft ganz unsystematisch gearbeitet wird, ist Jedem bekannt. Es gibt manche Fälle, in denen Schüler vor oder nach dem Examen die erste Bekanntschaft mit dem Nervenarzte machen. Wenn, wie es heute beispielsweise in Preussen die Regel ist, bei genügendem Ausfall der schriftlichen Reifeprüfung, die mündliche erlassen wird, so sollte die hierauf bezügliche Mittheilung den Schülern gleich nach Feststellung der Prädicate für die schriftlichen Arbeiten gemacht werden; es ist ein Danaergeschenk, sie erst dann zu machen, wenn der

Tag des mündlichen Examens gekommen ist. Einige der jetzt auf höheren Lehranstalten vorhandenen Examina sind gänzlich überflüssig. Ich meine die Versetzungsprüfungen, welche an einzelnen Anstalten am Schlusse jedes Jahres bestehen, sowie die Abschlussprüfung für die Untersecunda, mit der gleichzeitig die Berechtigung zum einjährigen Heeresdienste verbunden ist. Ein triftiger Grund, warum solche Examina bestehen, ist schwerlich zu finden; auch aus den neuen preussischen Lehrplänen ist keiner herauszulesen.

Die Einführung der schriftlichen und mündlichen Abschlussprüfung für Untersecunda in einer Zeit, in welcher auf dem Gebiete des Schulwesens das Streben nach Entlastung sich immer dringender gestaltet, ist vom hygienischen Standpunkte aus zu verdammen und pädagogisch nicht zu rechtfertigen.

Nachtrag.

Bei der Correctur dieser Arbeit habe ich nachzutragen, dass mir vor einiger Zeit Keller's pädagogisch-psychometrische Studien (Vorl. Mittheilung) im Biolog. Centralblatt 1894, Bd. 15, bekannt geworden sind, in welchen über geistige Ermüdung von Schülern mit Hülfe des Ergographen angestellte Untersuchungen niedergelegt worden sind. Ich bedauere lebhaft auf dieselben hier nicht mehr eingehen zu können.

Untersuchungen über den Bacteriengehalt des Flussbodens in verschiedener Tiefe.

Von

Marinestabsarzt Dr. **Davids,**

ehemaligem Assistenten des Instituts.

(Aus dem hygienischen Institut der Universität Berlin.)

Im November 1893 beauftragte mich Professor Rubner, Untersuchungen über die Filtrationskraft des Flussbodens vorzunehmen.

Eine experimentelle Prüfung dieser Frage ist in hygienischem Interesse dringend nothwendig; sie ist unzweifelhaft bis jetzt unterblieben, weil die technischen Schwierigkeiten ungemein gross und die jetzt bekannten Hülfsmittel mangelhaft sind.

Wer alle auf Boden- und Filtrationsverhältnisse, Stromlauf und Wasserführung bezüglichen Thatsachen in kritische Erwägung zieht, wird sich wie über die Vertheilung der Bacterien im Allgemeinen, so auch über das örtliche Vorkommen im Flussuntergrund und über den Weg von Grund- und Flusswasser eine Vorstellung machen können. Aber solche theoretische Constructionen sind immer nur ein dürftiges Surrogat experimenteller Prüfung.

Die Bodenverhältnisse und Wasserbewegungen unter den Flüssen sind sicher keine einheitlichen. Der Flussboden dürfte im Grossen und Ganzen wasserundurchgängig sein; wenigstens in allen Theilen, welche etwa dem Mittelwasser entsprechen. Hier findet sich offenbar Gelegenheit zur Ablagerung einer die Filtration hemmenden Schlammschicht, wie wir solche auch in

unseren Filtrirwerken centraler Wasserversorgungen entstehen sehen. Ohne eine solche würden ja die Flüsse auf solchen Strecken, wo ihnen kein weiterer Zulauf zu Theil wird, an Wasserführung verlieren müssen.

Für diejenigen Theile, welche nur selten unter Wasser kommen, wie die Parthien über Mittelwasser, liegt die Sache wieder anders. Bei Hochstand des Flusses kann ein vorübergehendes Einbrechen des Flusswassers nach dem Grundwasser zu wohl angenommen werden.

Unsere skizzirte Regel hat vielfache Ausnahmen; es gibt, wie wir im Speciellen belegen könnten, solche Flussläufe, bei welchen ein stetiges Durchsickern durch den Boden unzweifelhaft vorliegt.

Man wird also nicht die Versuchsergebnisse ohne Weiters generalisiren können; aber jedenfalls bietet der Flussboden so eigenartige Bedingungen dar, dass man denselben unmöglich schablonenmässig nach den Verhältnissen der bisher untersuchten Bodenschichten beurtheilen darf.

In vielen Orten steht, so wie man annehmen darf, die unter dem Flussboden gelegene Schicht in inniger Berührung mit dem Grundwasser, welches seinen Weg nach dem Flusse zu nehmen kann; es handelt sich also gewiss in sehr vielen Fällen um Bodenzonen, welche einer beständigen Durchnetzung mit Wasser ausgesetzt sind.

Die Vertheilung der Bacterien in dem Boden ist nicht ausschliesslich und allein von dem rein physikalischen Moment der Filtrationskraft abhängig; es bedarf der Umstand der Wasserdurchdrückung einer besonderen Prüfung und Erforschung hinsichtlich seiner Rückwirkung auf die Bacterienflora.

Die Aufgabe, eine aus dem unter dem Fluss gelegenen Boden steril entnommene Bodenprobe auch nach dem Transport durch das Flusswasser nicht von diesem verunreinigt zur Untersuchung zu erhalten, lässt sich mit dem von Fraenkel angegebenen Erdbohrer nicht lösen. Der für die Bodenufnahme bestimmte Raum desselben füllt sich mit Wasser, sobald der Bohrer unter Wasser gesenkt wird, und bei dem Rücktransport

der entnommenen Probe durch das Flusswasser wird die Probe, je nachdem sie mehr oder weniger feine Theilchen enthält, theilweise ausgewaschen. Die im Laboratorium angestellten Versuche, den Fraenkel'schen Bohrer zu dem gedachten Zwecke auf diese oder jene Weise zu dichten, blieben ohne Erfolg.

Bevor nun ein dieser Aufgabe entsprechender Bohrer construirt war, wurden orientirende Versuche mit dem von den Brunnenmachern zur Anlage von Tiefbrunnen verwendeten Ventilbohrer gemacht. Diese Ventilbohrer bestehen aus einem cylindrischen Rohrstück, das an seinem unteren Ende ein Lederventil trägt. Es wurden dem Ventilbohrer jedoch für diese Versuche mehrere derartige Ventile in der Mitte und am oberen Ende, im Ganzen vier, gegeben.

Selbstverständlich wurde derselbe nicht sterilisirt, da er ja beim Hinablassen in das versenkte Brunnenrohr doch wieder verunreinigt wird. Keineswegs beanspruchte man auch eine sichere Probe zu erhalten, man hoffte aber aus der Mitte der zwischen den beiden unteren Ventilen liegenden ziemlich grossen cylindrischen Erdprobe eine einigermaassen brauchbare Probe zu erhalten, da beim Herausheben des Bohrers durch die verschiedenen Ventile ein Hindurchfliessen des im Brunnenrohr stehenden Wassers bis zu einem gewissen Grade vermieden wird. Allerdings arbeitet der Ventilbohrer stets in bereits berührtem Boden.

Diese Versuche wurden im Februar 1894 in der Spree zwischen der Kaiser Wilhelm-Brücke und der Friedrich-Brücke neben dem Berliner Dom angestellt. Es wurde an drei verschiedenen stets mehrere Meter aus einander liegenden Stellen das Brunnenrohr allmählich bis zu 10 m Tiefe unter der Flusssohle gesenkt und von Meter zu Meter eine Probe entnommen.

Der Flussboden besteht hier bis zu der angegebenen Tiefe durchweg aus mehr oder weniger grobem Kies. Die an der ersten Bohrstelle entnommenen Bodenproben zeigten von Meter zu Meter bedeutend abnehmenden Keimgehalt. Während die aus 1 m Tiefe entnommene Probe in 1 ccm 384 000 Keime enthielt, waren in 1 ccm der aus 10 m Tiefe stammenden Probe

nur noch 1335 Keime enthalten. Die aus der Bohrstelle II und III entnommenen Proben zeigten dagegen keine Unterschiede im Keimgehalt; die Ventile waren nach der Entnahme der ersten Proben unbrauchbar geworden. Tabelle I zeigt die einzelnen Resultate.

Tabelle I.

1 ccm der Bodenprobe enthält				
Tiefe	Bodenart	Bohrstelle I	Bohrstelle II	Bohrstelle III
1 m	Kies	384 000 Keime	124 000 Keime	24 180 Keime
2 »		161 000 »	49 600 »	9 300 »
3 »		24 800 »	23 460 »	21 080 »
4 »		12 400 »	26 660 »	20 460 »
5 »		4 650 »	21 080 »	21 700 »
6 »		4 025 »	63 860 »	26 660 »
7 »		4 125 »	44 640 »	24 800 »
8 »		(anaërob 0) 2 275 Keime	26 660 »	24 180 »
9 »		(anaërob 0) 2 945 Keime	22 940 »	22 940 »
10 »		(anaërob 0) 1 335 Keime	30 380 »	29 140 »

Von den Bodenproben wurden fast unmittelbar nach der Entnahme im Laboratorium Esmarch'sche Rollröhrchen angelegt, wozu nicht gewöhnliche, sondern weitere Reagensröhrchen genommen wurden, wie sie Fraenkel zur Anaërobenkultur verwendet. Das Zählen der Colonien ist bei denselben etwas bequemer. Die Erdprobe wurde mit einem $1/50$ ccm enthaltenden stählernen Löffelchen in die gewöhnliche 10proc. Fleischwasser-Pepton-Gelatine gebracht, so zwar, dass bei schräg gehaltenem Reagensglase zunächst eine kleine Menge der Probe an der Wand des Glases mit einem Tropfen Gelatine mit dem Löffelchen gründlich verrieben und nun immer etwas mehr der Probe und etwas mehr Gelatine genommen wurde. Es gelang nicht nur bei diesen verschiedenen Kiesproben eine gleichmässige Vertheilung in der Gelatine, auch bei den späteren Untersuchungen, bei denen auch Lehm-, Thon- und Moorboden untersucht wurde,

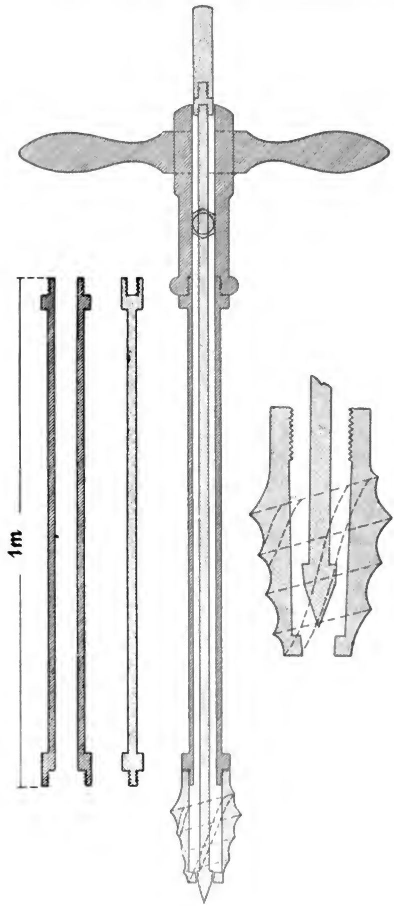
und wozu sogar ein $^1/_{10}$ ccm enthaltendes stählernes Löffelchen verwendet wurde, ist es stets gelungen, die Bodenprobe fein und gleichmässig in der Gelatine zu vertheilen. Bei einiger Vorsicht konnte es immer vermieden werden, dass grössere Bröckel in der Gelatine zu Boden sanken oder sich zusammenballten, so dass es niemals nöthig wurde, statt dieser Art eine der von anderen Untersuchern angeführten verschiedenen Verdünnungs- und Verreibungsmethoden anzuwenden.

Nachdem ein von einer technischen Anstalt Berlins gelieferter Bohrapparat sich nach wiederholten Versuchen als unpraktisch erwiesen hatte, construirte der an der königlichen Bergakademie angestellte Modellmeister Hermann Nagel für diese bacteriologischen Flussbodenuntersuchungen einen in der nebenstehenden Zeichnung abgebildeten Ventilbohrer, der sich in der Folge ausgezeichnet bewährt hat.

Dieser Bohrer besteht aus einem eisernen Hohlgestänge, dessen einzelne Theile je 1 m lang sind, 2 cm Durchmesser haben und durch Schraubengewinde verbunden werden. An das obere Ende des Gestänges wird ein Handgriff zum Drehen des Bohrers angeschraubt, an das untere Ende eine aus bestem Stahl gefertigte conische Bohrspitze, deren grösster Durchmesser 4 cm beträgt, welche ein doppeltes Bohrgewinde besitzt. Diese Bohrspitze hat einen ausgebohrten Hohlraum und eine nach unten gerichtete conische Oeffnung.

In dem Hohlgestänge befindet sich ein etwa 7 mm starkes eisernes festes Gestänge, dessen Theile ebenfalls 1 m lang sind und mit einander durch Schraubengewinde vereinigt werden. Das untere Ende des festen Gestänges wird durch eine conische Spitze gebildet, welche auf das Genaueste in die in der Bohrspitze befindliche Oeffnung eingeschliffen ist und diese absolut wasserdicht schliesst. Das innere feste Gestänge wird durch eine am Handgriff befindliche Schraube in dieser Stellung festgehalten. Die Verschraubungen des Hohlgestänges sind ebenfalls durchaus wasserdicht.

Zur Entnahme der Bodenprobe versenkt man den Bohrer in geschlossenem Zustande bis zu derjenigen Tiefe, aus welcher



man die Probe zu entnehmen wünscht. Man hebt dann das innere Gestänge um etwa 10 cm und bohrt den Bohrer nunmehr ebensoviel tiefer. Der in der Bohrspitze befindliche Hohlraum hat sich dabei mit dem zu untersuchenden Boden angefüllt. Man senkt nun das innere Gestänge wieder soweit, dass die conische Spitze die untere Oeffnung völlig schliesst, was man an einem am oberen Ende des festen Gestänges anzubringenden Markstrich leicht und sicher controliren kann, und hebt nun den Bohrer.

Zur sterilen Entnahme der Bodenproben wurde das Instrument in der folgenden Weise vorbereitet. Nach selbstverständlicher gründlicher mechanischer Reinigung der einzelnen Theile wurden die Stücke des Hohlgestänges mit reinem, ab und zu

auch mit sterilisirtem Wasser ausgespült und mit der Zusammensetzung des Gestänges solange gewartet bis das Innere soweit getrocknet war, dass Tropfen an der Innenwand nicht mehr herabfliessen konnten. Die Theile des festen Gestänges wurden gründlich mit sterilisirten Leinwandtüchern abgerieben und dann eingeführt. Nachdem das untere Gewinde des Hohlgestänges mit sterilisirtem Tuche abgerieben war, wurde ein grosses Stück des untersten Theiles des festen Gestänges mit der conischen Spitze und der innere Hohlraum der Bohrspitze über der Spirituslampe abgeglüht, die Bohrspitze angeschraubt und der Apparat nach der im Freien stets sehr schnell eingetretenen Abkühlung der abgeglühten Theile fest verschlossen. Diese Zusammensetzung des Apparates lässt sich, natürlich mit Hülfe passender Schraubenschlüssel, leicht und schnell überall von zwei Leuten ausführen.

Nachdem der Bohrer nach der Entnahme der Probe wieder herausbefördert war, wurde er zunächst äusserlich gereinigt, die Bohrspitze mit sterilisirtem Tuche abgerieben und abgeschraubt. Die im Hohlraum enthaltene Bodenprobe, deren Menge für bacteriologische Untersuchungen weit ausreichend ist, wurde dann mit sterilisirten Glasstäbchen in sterilisirte Glasgefässe eingebracht.

Dass der Apparat wirklich wasserdicht ist, lässt sich sehr leicht durch die Trockenheit des inneren Gestänges erkennen, nachdem man den Bohrer durch den Fluss bis zum Boden desselben gesenkt und wieder gehoben hat.

Die Versuche mit diesem Ventilbohrer habe ich nicht in der Spree anstellen können, da der Bohrer erst in den letzten Tagen des März 1894 fertig wurde, mit welchem Zeitpunkte mein Commando zum hygienischen Institut ablief. Ich habe die Versuche in der Zeit vom Mai bis Ende Dezember 1894 mit der Erlaubnis meiner vorgesetzten Behörde im Auftrage des Herrn Professors Rubner in meiner Garnison Kiel ausgeführt. Die Bodenproben wurden in dem kleinen am östlichen Ufer des Kieler Hafens mündenden Flüsschens Schwentine an drei verschiedenen Stellen entnommen.

Da ich die Bohrungen selbst nur mit Hülfe meines Burschen ausführte und mir dazu nur freie Nachmittage zur Verfügung standen, so war es meistens unmöglich, die Anfertigung der Rollröhrchen noch an demselben Abende vorzunehmen. Die Proben wurden alsdann bis zur Verarbeitung am nächsten Morgen in den Eisbehälter eines Eisschrankes gestellt, nur vor der directen Berührung mit den Eisstücken geschützt. Die von Fraenkel nachgewiesene, bald nach der Entnahme der Erdproben eintretende bedeutende Vermehrung der Keime derselben glaube ich auf diese Weise vermieden zu haben, wie folgende Controlversuche beweisen, zumal da die Verarbeitung der Proben spätestens 16 Stunden nach der Entnahme stattfand.

Tabelle II.

Probe aus	1 ccm enthält	
	gleich nach Entnahme verarbeitet	etwa 16 Stunden nach Entnahme verarbeitet
4 m Tiefe	10 Keime	0 Keime
4 » »	3 630 »	6 820 »
1 » »	27 280 »	23 375 »
2 » »	16 740 »	5 360 »
3 » »	18 600 »	36 250 »
4 » »	11 160 »	10 000 »
5 » »	900 »	230 »
6 » »	260 »	320 »

Um das Verhalten der verschiedenen Flussbodenschichten mit demjenigen der Uferbodenschichten vergleichen zu können, wurden an den drei Stellen der Schwentine auch am Ufer Bodenproben zur Untersuchung entnommen. Die Entnahme der letzteren wurde anfangs mit den bekannten Fraenkel'schen Erdbohrern ausgeführt. Da diese aber, was ja auch von anderen Beobachtern erwähnt wird, häufig brachen und rissen und da sie andererseits nicht wasserdicht sind, was mir bei den theilweise sehr wasserreichen Bodenschichten nicht ohne Bedeutung zu sein schien, so wurden die meisten der Uferbodenproben auch mit dem oben geschilderten Ventilbohrer entnommen.

Die ersten Flussbodenproben wurden etwa 1 km oberhalb der Mündung der Schwentine dicht oberhalb eines zum Betrieb einer Mühle erbauten Wehres beim Dorfe Neumühlen entnommen. Hart am nördlichen Ufer liegt hier ein altes Bauerngehöft, aus welchem ein kleiner Abzugsgraben recht schmutziges und schlammiges Wasser in die Schwentine leitet. Die Bohrungen wurden, etwa 3 m vom Ufer entfernt, vom Boot aus ausgeführt, wo der Fluss ungefähr 1 m tief war.

Die Uferbodenproben wurden 4 bis 5 m vom Flusse entfernt auf dem Hofe des Gehöftes in unmittelbarer Nähe einer schon lange bestehenden Düngerstätte entnommen. Die Untersuchungsresultate der an dieser Stelle gewonnenen Bodenproben zeigt Tabelle III.

Tabelle III.

Flussbodenschichten			Uferbodenschichten		
Tiefe	Bodenart	Zahl d. Keime in 1 ccm	Tiefe	Bodenart	Zahl d. Keime in 1 ccm
0,5 m	feiner Kies mit kleinen Steinbröckeln (darunter Ziegelsteinbröckel)	4392*			
1,0 »	derselbe Kies mit geringer Beimengung schwarzer Erde	7380*	1,0 m	nasser gelber Sand mit etwas Lehm vermischt	23375 27280*
1¾ »	schwarzer Moorboden	51660*			
2,0 »	fein. Sand, geringe Mengen schwarzer Erde u. Mauersteinbröckel enthaltend	5000*	2,0 »	grauschwärzlicher grober Sand mit geringen Thonbeimengungen	23750 5360 16740*
3,0 »	feiner grauer Sand	650*	3,0 »	sandiger schlammiger Boden mit kleinen Steinchen (darunter Mauersteintrümmer, Holzstückchen)	36250 18600*
			3,5 »	weicher Muddboden	∞
4,0 »	feiner hellgrauer Sand	10* 0	4,0 »	Moorboden	10000 11160*
5,0 »	feine schwarze Erde, viel Pflanzenfasern enthaltend	340	5,0 »	grauer Sand	230 900*
6,0 »	»	30	6,0 »	Moorboden	320 260*
			7,0 »	feiner schwarzgrauer Sand	20

* Die Untersuchung der mit einem * bezeichneten Proben wurde sofort nach der Entnahme begonnen.

Die zweite Entnahmestelle der Flussbodenproben liegt ungefähr 1 ½ km oberhalb der ersten. Das nördliche Ufer ist hier steil ansteigend mit einem schmalen Streifen von Eichen und Buchen bestanden. Am südlichen Ufer liegen zunächst nasse Rohrwiesen, dann steigt das Ackerland allmählich an. Die Flussbodenproben wurden ungefähr 2 m vom nördlichen Ufer entfernt entnommen bei einer Wassertiefe von 1 ¼ m. Während an der ersten Stelle die Bodenschichten sehr verschieden waren, fand sich hier bis 4 m Tiefe fester graublauer fetter Thon. Die Uferbodenproben mussten der Steilheit des nördlichen Ufers wegen hier am südlichen Ufer entnommen werden. Die Bohrungen wurden im Ackerlande etwa 3 m vom Rande der nassen Rohrwiesen entfernt ausgeführt. Die Bohrstelle war vom nördlichen Ufer ungefähr 100 m entfernt. Tabelle IV zeigt die einzelnen Untersuchungsresultate.

Tabelle IV.

Flussbodenschichten			Uferbodenschichten		
Tiefe	Bodenart	Zahl d. Keime in 1 ccm	Tiefe	Bodenart	Zahl d. Keime in 1 ccm
Flussboden selbst	schlammiger Mudd	203360			
¾ m	reiner graublauer Thon	1600	1 m	Lehm mit Ackerkrume gemischt	60000
1½ »	reiner graublauer Thon	190 anaërob 0	2 »	Lehm	850
3 »	reiner graublauer Thon	992*	3 »	gelblicher Thon	310
4 »	graublauer Thon mit Sand gemischt, viel Wasser enthaltend	3630 6820* 6200*	4 »	gelblicher Thon	340

Die dritte Entnahmestelle der Flussbodenproben lag wiederum etwa 1 ½ km flussaufwärts bei dem gräflichen Schlosse Oppendorf. Die Bohrungen wurden etwa 3 m vom Ufer entfernt bei 1 m Wassertiefe ausgeführt. Die Uferbodenproben wurden ungefähr 10 m vom Flusse entfernt im Schlossgarten entnommen, wozu die Schlossherrin in liebenswürdiger

* Die Untersuchung der mit einem * bezeichneten Proben wurde sofort nach der Entnahme begonnen.

Weise ihre Erlaubnis ertheilt hatte. Die an dieser Stelle gefundenen Bodenschichten glichen ihrer Art nach wieder denen der ersten Bohrstelle. Während aber jene Stelle den durch das alltägliche Leben und Treiben bedingten Verunreinigungen in ganz hervorragender Weise ausgesetzt war, kamen dieselben für die beiden flussaufwärts gelegenen Stellen nur in geringem Maasse in Betracht. Die drei Stellen der Uferbodenproben gleichen sich übrigens insofern, als bei allen in etwa $1^1/_4$ bis $1^1/_2$ m Tiefe das Grundwasser erreicht war.

In Tabelle V sind die einzelnen Untersuchungsresultate der aus der 3. Bohrstelle gewonnenen Bodenproben wiedergegeben.

Tabelle V.

Flussbodenschichten			Uferbodenschichten		
Tiefe	Bodenart	Zahl d. Keime in 1 ccm	Tiefe	Bodenart	Zahl d. Keime in 1 ccm
1 m	grauschwärzlicher Sand	8060	1 m	Mischung von Lehm und Gartenerde	233750
$1^3/_4$ »	sandiger, etwas splickiger Boden	9760			
2 »	schwarzbrauner Moorboden	28210	2 »	Mischung von Lehm und Torf	256250
3 »	schwarzer Moorboden	11700 24700	3 »	Mischung von Torf und Sand	121250
4 »	grauer Sand	70 80 50 anaërob 0	4 »	Torf	1760
5 »	graublauer Thon	300 anaërob 0	5 »	graublauer Thon	880

Aus diesen Untersuchungen geht hervor, dass der Flussboden in Bezug auf den Bacteriengehalt in verschiedener Tiefe — wenigstens an den hier untersuchten Stellen — sich ähnlich verhält wie der nicht vom Wasser bedeckte Uferboden. Die Zahl der Keime nimmt mit zunehmender Tiefe ab.

Im grossen Ganzen sind dieselben hinsichtlich der Thatsache einer allmählichen Abnahme des Keimgehaltes mit der Tiefe eine Bestätigung der von Fraenkel, Reimers, Eberbach

und anderen Beobachtern für den nicht wasserbenetzten Untergrund mitgetheilten Resultate. Sie unterscheiden sich jedoch von diesen dadurch, dass auch bis zur Tiefe von 7 m eine absolute Keimfreiheit nicht gefunden wurde. Nur eine aus 4 m stammende Probe des Flussbodens an der ersten Bohrstelle, die aus feinem hellgrauen Sande bestand, war keimfrei. Auch die Abnahme der Keime ist in den grösseren Tiefen eine besonders starke; durchschnittlich beginnt die bedeutende Verringerung derselben mit 3 m Tiefe. Jedenfalls kann man aber, wie es von vielen Seiten behauptet wird, und was für die Anlage von Trinkwasserbrunnen von Bedeutung ist, nicht mit Sicherheit darauf rechnen, schon in einer Tiefe von 4 m fast überall einen keimfreien gewachsenen Boden zu finden.

Besonders weisen aber diese Beobachtungen darauf hin, dass die Abnahme der Keime nicht allein von der Tiefe der Bodenschichten, sondern auch wesentlich von der Art derselben abhängig ist, und es will scheinen, dass trotz grösserer Tiefe diejenigen Bodenschichten einen höheren Keimgehalt haben, in denen man einen grösseren Gehalt an Nährmaterial vermuthen darf. So finden sich in der 1¾ m tiefen schwarzen Moorbodenschicht (siehe Tabelle III) 51660 Keime, während die 1 m und 2 m tiefen Flussbodenschichten derselben Stelle, die aus mehr sandigen Bodenarten bestehen, nur 7380 bezw. 5000 Keime in 1 ccm enthalten. Ebenso enthielten die 5 und 6 m tiefen, aus schwarzer Moorbodenerde bestehenden Schichten noch 340 bezw. 30 Keime in 1 ccm, während die 4 m tiefe Sandschicht fast keimfrei ist. Dieselben Verhältnisse finden sich in den untersuchten Bodenprobe der 3. Bohrstelle wieder (vergl. Tabelle V). Hier enthalten die 2 und 3 m tiefen aus schwarzbraunem und schwarzem Moorboden bestehenden Flussbodenschichten 28210 bezw. 24700 Keime, während die sie einschliessenden 1 m und 4 m tiefen sandigen Schichten 8060 bezw. 80 Keime in 1 ccm besitzen. Auch die Resultate der Bohrstelle 2 (vergl. Tabelle IV) scheint für diese Annahme zu sprechen. Der reine fette graublaue Thon scheint

den Bacterien keine besonders günstigen Verhältnisse zu bieten. Die 3/4, 1 1/2 und 3 m tiefen Thonschichten enthalten 1600, 190 bezw. 992 Keime in 1 ccm, während in der 4 m tiefen Schicht, die neben dem Thon Sand und viel Wasser enthielt, sich 6820 Keime in 1 ccm befinden. Dass diese aus 4 m entnommenen Proben nicht etwa durch das Flusswasser verunreinigt waren, sondern dass dieselben thatsächlich sehr wasserreich und dem Grundwasser sehr nahe sind, wird dadurch sehr schön bewiesen, dass wenige Tage nach dieser Bohrung sich aus dem Bohrloche eine am Flussboden stark sprudelnde Quelle entwickelte, die ziemlich viel Sand heraufförderte und auch jetzt nach Monaten noch nicht versiegt ist. Auch die Untersuchungen der Uferbodenschichten scheinen diese Annahme zu rechtfertigen.

Was nun die in den verschiedenen Bodentiefen beobachteten Bacterienarten betrifft, so konnten zwar besondere ausführliche Artbestimmungen nicht ausgeführt werden, im Allgemeinen lässt sich aber sagen, dass mit zunehmender Tiefe die die Gelatine verflüssigenden Arten besonders abnahmen, so dass sich in den Proben aus 5, 6 und 7 m Tiefe nur ganz vereinzelte verflüssigende Colonien bildeten. Es handelte sich in diesen Fällen um den gewöhnlichen Heubacillus. Der Wurzelbacillus wurde nur bis 4 m Tiefe beobachtet. Mit einigen Proben aus 5 und 6 m Tiefe wurden nach Analogie der Wasseruntersuchungen auf Choleravibrionen 1 proc. Peptonwasserröhrchen geimpft und diese bei Zimmertemperatur gehalten. Es wurden in diesen Röhrchen aber stets nur Stäbchenbacterien gefunden.

Von einzelnen Proben wurden nach der Fraenkel'schen Methode anaërobe Rollröhrchen angelegt. In denjenigen Röhrchen, die auch thatsächlich anaërob geblieben waren, kamen keine Keime zur Entwicklung.

Schimmelpilze, die von Fraenkel z. B. gerade in den tiefen Bodenschichten häufig gefunden wurden, kamen in den Proben aus 4 bis 6 m Tiefe nur ganz vereinzelt vor.

Hauptsächlich fanden sich in den 5 bis 7 m tiefen Bodenproben aller 3 Bohrstellen nicht verflüssigende farbstoffbildende Bacterien. Unter diesen waren der bacillus luteus und der

bacillus fuscus am häufigsten, mehrmals wurde auch der micrococcus cinabareus beobachtet.

Besonders langsam sich entwickelnde Keime wurden nicht beobachtet. Obgleich die gerade mit den tiefsten Bodenproben geimpften Rollröhrchen häufig über zwei Wochen beobachtet wurden, wurde eine nach dem 5. Tage erst beginnende Entwicklung von Colonien nicht gesehen.

Es erübrigt noch, einige Bemerkungen über den im Eingange beschriebenen Ventilbohrer zu machen. Dass derselbe sich leicht zusammensetzen und an Ort und Stelle sterilisiren lässt, ist bereits gesagt. Die Handhabung desselben ist im Vergleich zu dem Fraenkel'schen Erdbohrer eine bedeutend leichtere, da derselbe in Folge seiner mit einem doppelten scharfen Bohrgewinde versehenen Bohrspitze leicht und kräftig in die Tiefe vordringt. Viel wichtiger als die leichtere Handhabung ist jedoch seine ausgezeichnete Haltbarkeit. Während die Fraenkel'schen Bohrer bei festen nur mit kleinen Steinen vermischten Bodenproben schon in geringer Tiefe leicht platzen und brechen und die den Schluss und die Oeffnung des Bohrers verursachenden Flügel, z. B. in festen Lehmschichten sehr schnell abgenützt werden, ist bei den vorstehend geschilderten zahlreichen Bohrungen ein Platzen oder Brechen des Ventilbohrers nicht ein einziges Mal vorgekommen. Selbst weichere Steinsorten und Holzstücke, die von ihm seitlich getroffen werden, werden durch ihn ohne allzugrosse Schwierigkeit zerkleinert. Allerdings müssen die Bohrgewinde ab und zu geschärft werden, weshalb es vortheilhaft ist, zu einem Bohrinstrument mehrere Bohrspitzen zu besitzen. Da der Ventilbohrer ferner wasserdicht schliesst, so ist er auch für gewisse Bodenuntersuchungen dem Fraenkel-schen Erdbohrer unbedingt vorzuziehen.

Die Bohrungen im Flussboden sind unverhältnismässig schwerer als die gewöhnlichen Bodenbohrungen. Es kann dies nicht allein daran liegen, dass man dieselben von einem Boot aus ausführen muss. Es wird wahrscheinlich auf dem Bohrer ein bedeutend höherer Druck lasten. Besonders schwer sind die Bohrungen in Thonschichten. Wenn es schon die ganze Kraft

und viel Zeit erforderte, den Bohrer an der oben erwähnten 2. Bohrstelle aus der 1 und 2 m tiefen Thonschicht wieder herauszubringen, so wäre dies aus den grösseren Tiefen unmöglich gewesen, wenn nicht ein Zufall zu Hülfe gekommen wäre. Eine hier hart am Flussrande stehende stämmige Eiche gestattete, an einem über den Fluss ragenden Aste einen Flaschenzug zu befestigen, mit dem sich der Bohrer leicht heben liess.

Zum Schlusse spreche ich Herrn Professor Rubner nicht nur für die Rathschläge bei dieser Arbeit, sondern für die mir überhaupt zu Theil gewordene wohlwollende Förderung auch an dieser Stelle meinen aufrichtigsten Dank aus.

Die Methoden des Nachweises von Mutterkorn in Mehl und Brot.

Von

Prof. Dr. **Max Gruber.**

(Aus dem hygienischen Institute der Universität Wien.)

Vor Kurzem wurde an mich die amtliche Aufforderung gerichtet, bestimmte Roggenmehl-Proben auf Mutterkorn zu untersuchen und bei positivem Befunde auch den Procentgehalt der Mehle an dieser Verunreinigung anzugeben. Der letztere Auftrag wurde für mich zum Anlasse, mich eingehender mit den Methoden zum Nachweise des Mutterkorns zu beschäftigen und es dürfte nicht unerwünscht sein, wenn ich meine dabei gesammelten Erfahrungen veröffentliche, da sie lehren, wie irrig viele der in den Lehrbüchern darüber gemachten Angaben sind und mich überzeugt haben, wie ausserordentlich einfach, rasch und sicher selbst sehr geringe Beimischungen von Mutterkorn im Mehle und im Brode auf mikroskopischem Wege entdeckt werden können.

Fast überall trifft man die Behauptung des Gegentheils. So sagt C. Bischoff[1]): »Der mikroskopische Nachweis des Mutterkorns ist bei geringfügigen Mengen äusserst unsicher.« Bei J. Petri[2]) findet sich der Satz: »Die mikroskopische Prüfung des Mehles lässt leider beim Nachweise geringer Mengen im Stich.«

---

1) Eulenberg's Handbuch des öffentl. Gesundheitswesens, II. Bd. S. 486.

2) Zeitschrift für analyt. Chemie, Bd. XVIII, S. 216.

K. B. Lehmann[1]) behauptet, dass die mikroskopische Untersuchung viel unsicherer sei als die chemische. König[2]) nennt den mikroskopischen Nachweis höchst schwierig. Dietzsch[3]) sagt: »Die mikroskopische Prüfung ist mit grossen Schwierigkeiten verbunden und sehr unsicher« u. s. w. Dieser angeblichen Unsicherheit und Schwierigkeit halber wird die Möglichkeit des mikroskopischen Nachweises in vielen Büchern gar nicht einmal erwähnt. Fast überall werden die chemischen Untersuchungsmethoden in die erste Linie gesetzt.

Die einfachste chemische Probe auf Mutterkorn ist, wenn man von der unverlässlichen und wenig empfindlichen Wittstein'schen Trimethylaminprobe absieht, die von A. Vogl angegebene: 2 g Mehl mit 10 ccm saueren Alkohols (100 ccm 70% Alkohol mit 5 ccm conc. Salzsäure versetzt) übergossen stehen zu lassen. Bei Anwesenheit von Mutterkorn tritt schon nach kurzem Stehen bei gewöhnlicher Temperatur (noch rascher bei Erwärmen auf ca. 50° C.) eine blut- oder fleisch-rothe Färbung der Flüssigkeit auf. Die Intensität der Färbung ist in künstlichen Gemischen von reinem Mehl und fein gemahlenem Mutterkorn für eine bestimmte Mutterkornsorte proportional der Grösse des Zusatzes und bei verschiedenen Mutterkornsorten und gleichen Mengen wenig verschieden, so dass man innerhalb gewisser Grenzen auf colorimetrischem Wege die Grösse der Mutterkornverunreinigung abschätzen kann, vorausgesetzt, dass keine Unkrautverunreinigungen nebenbei im Mehle vorhanden sind, welche den saueren Alkohol ebenfalls färben. Die Empfindlichkeit der Probe ist sehr erheblich grösser als vielfach angegeben wird; Z. B. von K. B. Lehmann, nach welchem die Vogl'sche Reaction bei einem Gehalte des Mehles mit 2% Mutterkorn noch eben bei 5% sehr deutlich eintreten soll.

Ich habe die Proben mit mehreren Mutterkornsorten angestellt — darunter auch mit einer bereits seit 7 Jahren im Institute aufbewahrten — und übereinstimmend gefunden, dass

1) Die Methoden der praktischen Hygiene, S. 375.
2) Die menschlichen Nahrungs- und Genussmittel, Bd. II, 3. Aufl., S. 581.
3) Die Nahrungsmittel und Getränke, Zürich 1884, S. 181.

bereits bei Anwesenheit von 0,2 % Mutterkorn im Mehle die Rothfärbung ohne Weiteres erkennbar ist und bei Vergleichung mit reinem Mehle selbst noch 0,1 % Spuren einer röthlichen Verfärbung des Alkohols wahrnehmen lassen.

Trotzdem hat Vogl mit vollem Rechte seine Probe nie für eine entscheidende gehalten. Es stört vor Allem der Umstand, dass auch andere Verunreinigungen des Mehles Färbung des saueren Alkohols herbeiführen; insbesondere die so häufige Verunreinigung mit Wicken ebenfalls Rothfärbung. Zwar ist der bläuliche Farbenton des Wickenroths von dem fleischrothen des Mutterkorns unverkennbar verschieden, wenn bloss die eine oder die andere Verunreinigung im Mehle vorhanden ist. Bei gleichzeitiger Anwesenheit von Wicken oder Kornrade oder auch bei schwärzeren Roggensorten, welche für sich allein den Alkohol gelb färben, kann aber dieser Unterschied undeutlich werden.

In solchen zweifelhaften Fällen gibt die spectroskopische Untersuchung der rothgefärbten Flüssigkeit sehr werthvollen Aufschluss. Die Lösung des Farbstoffes aus Mutterkorn weist, wie C. H. Wolff[1]) zuerst gezeigt hat, zwei charakteristische Absorptionsstreifen in Grün und einer beträchtlich schwächeren in Blau auf. Dagegen lässt die Lösung des Wickenroths — wovon ich mich durch besondere Versuche überzeugt habe — auch bei starker Färbung keine Spur dieser Absorptions-Bänder erkennen. Uebrigens ist die spectroskopische Reaction weniger empfindlich als die Farbenreaction selbst. Bei Verwendung von 2 g Mehl und Beobachtung einer ca. 2 cm dicken Flüssigkeitsschichte mussten mehr als 0,5 % Mutterkorn im Mehle vorhanden sein, um die Absorptionsstreifen eben wahrnehmbar zu machen. Will man noch kleinere Procentmengen spectroskopisch auffinden, dann muss man grössere Mehlmengen in Arbeit nehmen und dickere Flüssigkeitsschichten betrachten. So nimmt C. H. Wolff (a. a. O.) 10 g Mehl, extrahirt es zuerst mit reinem Aether, zur Entfernung des Chlorophylls, das ähnliche Absorptionsbänder aufweist, macerirt mehrere Stunden lang mit 10 g Aether und 15 Tropfen Mixtura sulfurica acida (1 Volum Schwefelsäure auf

1) Pharmac. Zeitung, 23, 532, 694.

3 Volume Alkohol) und beobachtet eine 5 cm dicke Schichte (Grenze der Nachweisbarkeit 0,25 %). J. Petri (a. a. O.) extrahirt 20 g Mehl zuerst mit reinem Alkohol und macerirt sie dann mit saurem Alkohol. Er vermag dann noch 0,2% spectroskopisch sicher nachzuweisen. Uffelmann[1]) behauptet noch 0,12% sicher nachweisen zu können, wenn er 10 g Mehl mit 100 ccm Natronlauge (auf 100 ccm Wasser 6 ccm Natronlauge von specifischem Gewicht 1,33) 2 bis 3 Stunden lang stehen lässt, das Filtrat mit Salzsäure übersättigt, den rothen Farbstoff mit Aether aufnimmt und die frischbereitete aetherische Lösung binnen 6 Minuten spectroskopisch untersucht. Diese Modification habe ich nicht geprüft.

Ebenso wenig habe ich die von Palm[2]) angegebene Methode versucht, da sie mir zu umständlich erschien. Palm extrahirt das Mehl mit dem 10—15fachen Gewichte 35 % Spiritus, dem einige Tropfen Ammoniak beigefügt sind, bei 30—40° C., fällt die filtrirte Lösung mit Bleiessig, presst den Niederschlag ab und zieht ihn mit kalt gesättigter Boraxlösung aus, welche bei Anwesenheit von Mutterkorn violette Färbung annimmt. Noch bei Anwesenheit von 0,05 % soll die Violettfärbung erkennbar sein.

Selbst, wenn dies zutreffen sollte, so lässt sich doch annähernd das gleiche Ziel viel einfacher nach der Methode von E. Hoffmann[3]) erreichen, welche bekanntlich darin besteht, dass 10 g Mehl mit 20 g Aether und 10 Tropfen verdünnter Schwefelsäure (1:5) 5—6 Stunden lang macerirt werden, worauf filtrirt, mit Aether bis zum Filtratvolumen von 20 ccm nachgewaschen und das Filtrat mit 10—15 Tropfen einer kaltgesättigten wässrigen Lösung von Natriumbicarbonat geschüttelt wird. Bei Anwesenheit von Mutterkorn färbt sich die letztere Lösung violett.

Der Entdecker dieses Nachweises selbst gibt an, dass seine Probe noch bei einem Gehalte von 0.2—0,1 % Mutterkorn im Mehle verlässlich sei. Nach Hilger[4]) ist aber die Empfindlich-

1) Archiv für Hygiene, Bd. II, S. 202.

2) Zeitschrift f. analyt. Chemie, Bd. XXII.

3) Pharmac. Zeitung, Bd. XXIII, S. 726.

4) Vereinbarungen betreffs der Untersuchung und Beurtheilung von Nahrungs- und Genussmitteln. Berlin 1885, S. 279.

keit der Reaction eine weit grössere, indem sie noch 0,01 % mit Sicherheit erkennen lassen soll. Bei meinen eigenen Versuchen mit mehreren Mutterkornsorten wollte es mir niemals gelingen, auch noch so kleine Mengen im Mehle nachzuweisen. Erst bei einem Gehalte von 0,05 % zeigte sich nach dem Absetzen eine eben erkennbare Spur eines violetten Tones der Bicarbonatlösung. Deutlich, wenn auch sehr schwach, wurde die Violettfärbung erst bei 0,1 %; um dann mit dem Zuwachse von je 0,1 % scharf abgestuft immer intensiver zu werden. Bei Einhaltung stets gleicher Gewichts- und Volum-Mengen lässt sich mit Hülfe dieser Reaction der Mutterkorngehalt im Mehle, innerhalb der Grenzen 0,1—5,0 % nach meinen Erfahrungen ziemlich genau auf colorimetrischem Wege schätzen. Hervorgehoben sei auch, dass die Mehle Wicken in reichlicher Menge enthalten können, ohne der Bicarbonatlösung violette Farbe zu ertheilen. Auch Gehalt an Kornrade scheint in keiner Weise zu stören.

Ob die Modification des Verfahrens durch Ed. Schär[1]), wonach das Mehl einige Stunden lang mit einer Lösung von 2 Theilen Chloralhydrat in 1 Theil Wasser ausgezogen und dieser Auszug mit angesäuertem Aether nach Hoffmann ausgeschüttelt wird, eine noch grössere Empfindlichkeit besitzt, habe ich nicht geprüft. Für die hygienische Praxis reicht ja die oben genannte Empfindlichkeitsgrenze vollkommen aus.

Für den Nachweis des Mutterkorns im Brode sind alle diese Farbenreactionen unbrauchbar. Ich hatte ebenfalls im letzten Winter Gelegenheit, mich von der Richtigkeit der Angabe Dragendorff's[2]), dass aus Brod der rothfärbende Bestandtheil des Mutterkorns nicht mehr auszuziehen sei, auf's Schlagendste zu überzeugen. Ich hatte amtlich Brod zu untersuchen und überzeugte mich auf mikroskopischem Wege alsbald davon, dass dasselbe ausserordentlich reich an Mutterkorn sei.[3]) Dieses

1) Archiv f. Pharmacie, 228. Bd., S. 270.

2) Ausmittelung der Gifte, 2. Auflage, S. 345.

3) Herr Hofrath Vogl, bekanntlich der gewiegteste Fachmann auf diesem Gebiete, hatte die Güte, das Brot ebenfalls zu untersuchen und schätzte den Mutterkorngehalt auf ca. 10%.

Brod gab weder mit dem Vogl'schen Alkohol noch nach der Hoffmann'schen Methode auch nur Spuren der charakteristischen Färbungen. Auch 24stündige Maceration mit sauerem Aether nach dem Rathe von Dietzsch (a. a. O.) änderte daran nichts.

Ueber die Art, wie der mikroskopische Nachweis des Mutterkorns zu führen sei, gibt es die verschiedensten Vorschriften. So empfiehlt Möller[1]) das Mehl mit Wasser (am Besten unter Zusatz von ein wenig Salzsäure) anzurühren und absetzen zu lassen. Die dunklen Fragmente des Pilzkörpers schwimmen dann oben auf und können leicht herausgefischt werden. v. Höhnel[2]) räth, das Mehl mit der 5—10fachen Menge angesäuerten Wassers durch einige Minuten zu kochen, dann behufs des Fischens der Mutterkornpartikelchen den dünnen Kleister in einer flachen Schale auszubreiten und die röthlich gefärbten Theilchen zu fischen. Ganz ähnlich sind die Rathschläge von K. B. Lehmann (a. a. O.) und von Stutzer.[3]) Steenbusch[4]) beseitigt die bei der mikroskopischen Beobachtung störende Stärke durch Behandlung des Mehles mit Malzauszug. Petri (a. a. O.) räth, Mehl in einem Uhrglase mit Wasser zu einem dünnen Brei anzumachen und einige Tropfen verdünnter Jod-Jodkaliumlösung hinzuzufügen. Zwischen den blau gefärbten Stärkekörnern sind dann, seiner Meinung nach, die gelblich gefärbten Mutterkorntheilchen leichter zu finden.

Von diesen Methoden dürfte die Steenbusch'sche die empfehlenswertheste sein, wenn man auch noch die allerwinzigsten Mutterkornmengen zu finden wünscht. Die Methode Petri's ist die am Wenigsten praktische. Das Herausfischen der dunkel oder (nach Einwirkung von Salzsäure) röthlich gefärbten Partikelchen nach Möller, v. Höhnel u. A. ist ziemlich bequem,

1) Mikroskopie der Nahrungs- und Genussmittel, Berlin 1886, S. 165.
2) Die Stärke und Mahl-Producte, Kassel 1882.
3) Weyl's Handb. d. Hygiene, Bd. III, 1. Abth., 2. Liefg., S. 244.
4) Ber. d. d. chem. Ges, Bd XIV, S. 2449.

wenn es sich um grössere Mutterkornbeimengungen handelt, reicht aber zum Nachweise kleiner Mengen nach meinen Erfahrungen nicht aus.

Jedenfalls bedarf es in der Regel aller dieser umständlichen Proceduren durchaus nicht. Ich verfahre einfach so, dass ich einige Milligramme des Mehles[1]) in einigen Tropfen Wasser auf dem Objectträger vertheile, ein Deckglas auflege und über der Flamme bis zum Aufkochen erhitze. Alsbald ist die Stärke genügend verquollen, um eine ungestörte Betrachtung der Formelemente zu gestatten. Sollte sich zeigen, dass die Verquellung noch nicht weit genug gegangen ist, was passiren kann, wenn man einmal eine etwas grössere Menge Mehl genommen hat, so lässt man am Rande des Deckglases noch ein paar Tropfen Wasser zutreten und kocht zum zweitenmale auf. Die Trümmer des Mutterkorns sind so charakteristisch gebaut, dass sie mit keinem anderen Gebilde, das sich im Roggenmehle findet, verwechselt werden können und in verkleistertem Mehle mit Leichtigkeit von Jedem, der in mikroskopischer Beobachtung einigermaassen geübt ist und sich das Bild des Mutterkorngewebes eingeprägt hat, gefunden werden müssen. Bei geringem Mutterkorngehalte des Mehles kommt man am schnellsten und sichersten zum Ziele, wenn man das Präparat zunächst bei 100—120facher Vergrösserung durchmustert. Die Mutterkornpartikelchen fallen bei dieser geringen Vergrösserung durch ihre starke Lichtbrechung Folge ihres Fettgehaltes), durch ihre Färbung (dunkelviolett bei den Rindentheilen, grünlich gelb bei den Marktheilen) und durch ihren eigenthümlichen, gekerbten Contur auf. Findet man derartig aussehende verdächtige Theilchen, so untersucht man sie dann bei etwa 300—400facher Vergrösserung genauer und überzeugt sich nun, ob die vorläufige Diagnose richtig war. Je besser man sich auf diese Untersuchungsweise eingeübt hat, um so seltener wird man finden, dass man sich geirrt habe. Durch die Beobachtung mit der stärkeren Linse wird jeder Zweifel beseitigt. Das Scheinparenchym des Sclerotiums mit seinen dicht

1) oder einige Brotkrümelchen.

aneinander gelagerten, verschlungenen, mit einander verwachsenen, mit Fett erfüllten Hyphen ist unverkennbar.

Wenn irgend erheblichere Mutterkornmengen im Mehle vorhanden sind, finden sich diese Trümmer in jedem solchen Präparate vor und die Untersuchung ist in wenigen Minuten beendet, insbesondere, wenn man dabei einen beweglichen Objecttisch benützt.

Ich habe mir eine grössere Anzahl von Mischungen mit bekanntem Procentgehalte an Mutterkorn hergestellt und habe dann, mit Hilfe eines kleinen Löffelchens annähernd gleiche Mengen der Gemische zur Herstellung der Präparate entnommen. Ich fand so bei einem Gehalte von 5, 4, 3 % in jedem Gesichtsfelde zahlreiche Trümmer. Bei einem Gehalte von 2% waren in jedem Präparate 20—30 Mutterkornpartikelchen zu finden, bei 1 % 10—15, bei 0,5 % 5—6, bei 0,2 % 3—4, bei 0,1 % 1—2. Erst bei einem Gehalte von nur 0,05 % war nicht mehr in jedem, sondern durchschnittlich nur in jedem 2. Präparate ein sicher als solches erkennbares Bruchstück des Mutterkorns zu finden.

Selbstverständlich kommt den angegebenen Zahlen keine strengere Bedeutung als Maassstab zu, da ausser der Grösse der untersuchten Mehlmenge auch die Feinheit der Vermahlung in Betracht kommt, welche darauf von Einfluss ist, durch wie viele einzelne Theilchen ein bestimmter Procentsatz hergestellt wird. Immerhin können Vergleichungsproben einen gewissen Anhalt zur quantitativen Schätzung des Mutterkorngehaltes geben.

Sicher ist das von mir benützte Verfahren des mikroskopischen Nachweises ebenso empfindlich wie die besten Farbenreactionen, diesen aber überlegen durch die Raschheit der Ausführung, volle Verlässlichkeit und Anwendbarkeit bei Brod und anderen Backwaaren.

Die Gewinnung von keimfreiem Trinkwasser durch Zusatz von Chlorkalk (Verfahren von M. Traube).

Von

Dr. **Alois Lode,**

Assistenten am hygienischen Institute der Universität Wien.

Moritz Traube hat in der Zeitschrift für Hygiene und Infectionskrankheiten Bd. XVI S. 149 ein Verfahren angegeben, welches die Gewinnung von keimfreiem Wasser in grossen Mengen dnrch den Zusatz von Chlorkalk ermöglichen soll. Mengen von 0,000426 g Chlorkalk mit einem Gehalte von 0,0001065 g wirksamen Chlores sollten bereits 100 ccm Wasser innerhalb 2 Stunden völlig keimfrei zu machen im Stande sein.

Leichte Ausführbarkeit, Einfachheit und Raschheit der Operation prognosticirten insbesondere dort gute Erfolge, wo es sich darum handelt, in kurzer Zeit ohne technische Hülfsmittel bacterienhaltiges inficirtes Wasser in ein unschädliches Getränke zu verwandeln, also in erster Linie für den Gebrauch der Truppen im Felde und auf Manövern, für Reisende, die verseuchte Gebiete nicht meiden können, für die Bevölkerung zur Zeit von Epidemien u. s. w.

Da es auch andrerseits wahrscheinlich ist, dass Chlormengen von etwas über ein Milligramm pro Liter Trinkwasser hygienisch und genusslich bedeutungslos sind, so schien dem Verfahren eine grosse Zukunft bevorzustehen, umsomehr, als Traube gleichzeitig einen Weg andeutete, um auch die Spuren von Chlor in eine unschädliche Verbindung überzuführen. Er schlug vor, dem mit Chlor versetzten Wasser Natrium-, beziehungsweise Calciumsulfit zuzusetzen, wodurch einerseits Natrium-, beziehungs-

weise Calciumsulfat und andrerseits Chlorcalcium gebildet wird. Nach Traube's Rechnung würde die Härte durch diese in gewöhnlichen Wässern kaum jemals fehlenden Substanzen um weniger als einen deutschen Härtegrad vermehrt und so das Wasser hygienisch kaum verschlechtert werden.

Eine Prüfung des Verhaltens pathogener Keime gegen die angegebenen Chlormengen hat Traube nicht angestellt, sondern sich lediglich mit der Abtödtung der in natürlichen Wässern vorkommenden Saprophyten begnügt.

Es war sehr verlockend, jenes interessante Verfahren einer eingehenden Prüfung zu unterziehen, umsomehr als Kratschmer bei Gelegenheit eines Vortrages auf der 66. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte die Mittheilung machte, dass vorläufige Versuche auch mit pathogenen Mikroorganismen kein ungünstiges Resultat ergeben hatten.

Dass dem Chlorkalke eine intensive antiseptische Wirkung zukommt, haben die Versuche von Koch,[1] Sternberg,[2] Jäger,[3] Nissen,[4] Geppert[5]) gelehrt; doch sind die Angaben über den Wirkungswerth jener kleinen Mengen, welche beim Traube'schen Verfahren in Betracht kommen, zu dürftig, als dass dieselben ohne weiteres verwendet werden könnten.

Der Gang der Untersuchung war im Allgemeinen der folgende. Bacterien- oder Sporenaufschwemmungen meist in Reinculturen, wurden gemessenen Mengen Wassers zugesetzt, in welche vorher soviel von einer filtrirten Chlorkalklösung von stets ermitteltem Gehalte an wirksamem Chlor gebracht wurde, dass der Gehalt an freiem Chlor einen bestimmten Percentsatz

1) Koch, Ueber Desinfection. Mittheil. aus dem kais. Gesundheitsamte, Bd. I, 1881.

2) Desinfection and Disinfectans Praeliminary Rep. made by the committee of disinfectans etc. Cit. nach Baumgarten's Jahresbericht.

3) Untersuchungen über die Wirksamkeit verschiedener chemischer Desinfectionsmittel bei kurz dauernder Einwirkung auf Infectionsstoffe. Arb. aus dem kais. Gesundheitsamte, Nr. 5, S. 267.

4) Ueber die desinficirende Eigenschaft des Chlorkalkes. Zeitschr. f. Hygiene, Bd. VIII, S. 62.

5) Berliner klinische Wochenschrift, S. 303 u. s. w.

betrug. Die Titrirung wurde zum Theile mit unterschwefligsaurem Natrium und einer $^1/_{10}$ Normaljodlösung, häufiger jedoch mit $^1/_{10}$ Normal-Arseniksäurelösung ausgeführt. Im letzteren Falle wurde aus der Bürette die filtrirte Chlorkalklösung zu einer genau gemessenen Menge $^1/_{10}$ Normal-Arseniksäurelösung unter Verwendung von Jodkalistärkekleister als Indicator bis zur eintretenden Blaufärbung zufliessen gelassen, wodurch ein Ueberschreiten der Endreaction leichter vermeidbar ist, als wenn man mittelst der Tüpfelprobe auf Jodkalistärkekleisterpapier bis zum Verschwinden der blauen Färbung titrirt.

Da eine Chlorkalklösung von so geringer Concentration ihren Gehalt an wirksamem Chlor sehr rasch ändert, wurde der Titre durch höchstens eine Stunde als unverändert angenommen, nachdem ich mich überzeugt hatte, dass die innerhalb jener Zeit in Frage kommenden Schwankungen als belanglos für unseren Zweck angesehen werden können. Wurden an einem Tage mehrere Versuche angestellt, so wurde stets neuerdings der Titre der Lösung festgestellt.

Einige Versuche ausgenommen, wurde nur mit kleinen Mengen Wassers gearbeitet. Die Bacterien wurden auf schräg erstarrtem Agar im Brutschranke gezüchtet; die höchstens 24 Stunden alten Culturen mit dem Platindrahte abgekratzt, in sterilem Wasser vertheilt, das Gemische, um Flöckchen und gröbere Partikelchen zurückzuhalten, durch sterile Leinwand filtrirt und von dieser Stammlösung gemessene Quantitäten mit der Pipette in die einzelnen Wasserproben gebracht. Nach gehörigem Umschütteln wurden dann nach gemessenen Zeiten Proben in die flüssigen Nährmedien übertragen, und nur ausnahmsweise, um die Abnahme der Keimzahl festzustellen, auch Gelatineplatten angelegt. Die Verwendung flüssiger Nährmedien gewährt bezüglich der Genauigkeit der Resultate ausserordentliche Vortheile, indem man exacte Angaben über die vollendete Tödtung parasitischer Keime nur bei Benützung von höheren Temperaturen erhalten kann. Die Nachtheile, welche der Gelatineplattenmethode für derartige Untersuchungen überhaupt anhaften, hat Gruber zuerst 1888 bei der Prüfung der

Thursfield'schen Desinfectoren [1]) und dann eingehend auf dem internationalen hygienischen Congresse in London [2]) erörtert, so dass ein Verweis auf jene Versuche die Verwendung der flüssigen Nährboden genügend motivirt. Die inficirten Röhrchen wurden im Brutofen durch mindestens 8 Tage belassen; meist ist zwar schon nach 24 stündigem Stehen das Endresultat ersichtlich, wenigstens bei den zugesetzten vegetativen Formen, während bei Sporen ein Auskeimen am 3. und 4. Tage keineswegs zu den Seltenheiten gehört. Um zunächst über den Wirkungswerth jener kleinen beim Traube'schen Verfahren in Betracht kommenden Chlormengen ein Urtheil zu gewinnen, verwendete ich für die ersten Versuche Chlorkalklösungen in destillirtem Wasser. Es war bei der Labilität des Chlors organischen Verbindungen gegenüber mehr als wahrscheinlich, dass die Resultate im destillirten oder an organischen Substanzen armen Wasser ungleich günstiger ausfallen müssten als bei stark verunreinigten und viele organische Substanzen enthaltenden Proben. Erst als diese Versuche abgeschlossen waren, wurden mehr oder minder verunreinigte Wässer geprüft.

Versuche mit Bacterium coli commune.

Von den aus Fäkalmassen herstammenden Bacterienarten, denen pathogene Eigenschaften zukommen, ist das Bacterium coli commune durch grosse Widerstandsfähigkeit gegenüber den vor Allem in Frage kommenden Keimen der Cholera und des Typhus ausgezeichnet. Die erste Versuchsreihe wurde also mit jenen Bacterien unternommen und anfangs die Aussaaten in peptonisirte Bouillon gebracht. Bei den ersten Versuchen wurde je 1 ccm des inficirten Wassers in die Bouillon übertragen. Um eine eventuelle Entwickelungshemmung auszuschalten, wurden die Uebertragungen später mit einer geaichten Platinöse ausgeführt. Bei vielen Versuchen mit dem Bacterium coli commune

1) Gruber, M., Ueber die Thursfield'schen Desinfectoren. Gesundheits-Ingenieur, 1888, S. 281.

2) Gruber, M., Verhandlungen des VII. internation. Congresses für Hygiene und Demographie, London 1891.

verwendete ich statt der peptonisirten Fleischwasserbouillon einen mit Milchzucker und Lakmuslösung versetzten Nährboden, welcher eine Nachahmung der von Petruschky hergestellten Lakmusmolke darstellt, jedoch weniger umständlich bereitbar ist.

Es sei gestattet, die Herstellung dieses Nährbodens hier einzuschalten, da sich derselbe nach den im Laboratorium gemachten Erfahrungen auch zur Titrirung der von einer Bacterienart aus Milchzucker producirten Säuremenge in ähnlicher Weise eignen dürfte wie die Petruschky'sche Lakmusmolke.

In 100 ccm Fleischwasser (1 kg fettfreies Rindfleisch liefern 2 l Fleischwasser) werden 22,5 g chemisch reiner Michzucker, 5,0 g Pepton und etwa 40 ccm einer wässerigen Lakmuslösung zugesetzt. Sodann wird auf ein Liter Flüssigkeit mit destillirtem Wasser aufgefüllt und das Gemenge mit Natronlauge genau neutralisirt, zum Sieden erhitzt, eventuell neuerdings auf neutrale Reaction gebracht, nach dem Erkalten filtrirt und nach Vertheilung in Eprouvetten der gewohnten Sterilisation unterzogen.

Innerhalb eines Zeitraumes von 18 Stunden bildete das Bacterium coli in mehreren Fällen eine Säuremenge, welche zu ihrer Neutralisirung etwa 0,80—1,0 ccm $^1/_{10}$ Normalnatronlauge verbrauchte. Für unseren vorliegenden Zweck liegt der Vortheil dieser Methode auf der Hand. Man kann schon bei oberflächlicher Betrachtung aus dem Ausbleiben der rothen Farbe der Lakmuszuckerbouillon, oder deren geringen Intensität leicht erkennen, ob man es mit dem Wachsthume von Bacterium coli oder mit einer Verunreinigung zu thun hat. Tritt hingegen die bei Coli gewohnte Intensität der Rothfärbung ein, so kann freilich in einem zweifelhaften Falle nur die Plattencultur die Diagnose sichern.

Meist wurden 5—8 Erlenmayer-Kölbchen mit 50—100 ccm destillirten Wassers gefüllt, an 3 aufeinander folgenden Tagen im Dampf sterilisirt und unmittelbar vor dem Versuche mit der Aufschwemmung der Bacterien versetzt. Nachdem der Chlorgehalt durch Titration festgestellt war, wurde die dem Gesammtvolumen genau entsprechende Chlorkalklösung aus einer Burette in das Kölbchen abgelassen. Obwohl Traube die vollendete

Sterilisirung des Wassers, erst nach Ablauf von 2 Stunden constatirt hat, war es für die praktische Bedeutung des Verfahrens sehr wichtig, den Zeitpunkt der vollständigen Abtödtung aller Keime festzustellen, weshalb die Proben schon nach 2, 5, 10, 30 Minuten, 1 Stunde und 2 Stunden entnommen wurden. Der Chlorgehalt wurde von 0,001 bis 0,320 g pro Liter variirt.

Den Wirkungswerth der Chlorkalklösungen auf das Bacterium coli illustriren am besten die nachfolgenden Tabellen, welche als Stichproben der gesammten Versuche mit dem Bacterium coli hier Platz finden mögen.

Tabelle I.

Zeitdauer der Einwirkung	0,001 g	0,002 g	0,004 g	0,008 g	Controlprobe
	wirksames Chlor pro Liter				
2 Minuten . . .	†[1])	†	†	0	6000 Keime pro ccm
5 » . . .	†	†	†	0	
10 » . . .	†	†	0[2])	0	
30 » . . .	†	†	0	0	
2 Stunden . . .	†	†	0	0	

Tabelle II.

Zeitdauer der Einwirkung	0,001 g		0,002 g		0,004 g		0,008 g		0,012	0,02	0,032
	wirksames Chlor pro Liter										
	Wachsthum in Lakmusmolke	Keimzahl auf d. Gelatineplatte	Wachsthum in Lakmusmolke	Keimzahl auf d. Gelatineplatte	Wachsthum in Lakmusmolke	Keimzahl auf d. Gelatineplatte	Wachsthum in Lakmusmolke	Keimzahl auf d. Gelatineplatte	Wachsthum in Lakmusmolke		
2 Min. .	†	46500	†	23436	†	6	0	0	0	0	0
5 » .	†	64640	†	17298	0	0	0	0	0	0	0
10 » .	†	43450	†	10702	0	0	0	0	0	0	0
30 » .	†	22320	†	0	0	0	0	0	0	0	0
2 Std. .	†	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

1) † bedeutet, dass ein Wachsthum in der Nährlösung stattgefunden hat.

2) 0 bedeutet, dass das Röhrchen steril blieb.

Tabelle III.

Zeitdauer der Einwirkung	0,001 g	0,002 g	0,004 g	0,008 g	Controle
	wirksames Chlor pro Liter				
2 Minuten . . .	†	†	†	0	55850 Keime pro ccm
5 » . . .	†	†	†	0	
10 » . . .	†	†	†	0	
30 » . . .	†	†	†	0	
2 Stunden . . .	†	0	0	0	

Wenn wir die Resultate dieser 3 Tabellen und der übrigen Versuchsprotokolle zusammenfassen, so ergibt sich, dass die Menge von 1 mg wirksamem Chlor pro Liter nur höchst ausnahmsweise nach 2 Stunden eine vollständige Sterilisirung des Wassers herbeigeführt hatte. In einem Falle war auch nach 24 Stunden völlige Keimfreiheit nicht erreicht worden, obwohl, wie aus Tabelle II hervorgeht, die Zahl der Keime nach einer halben Stunde um mehr als die Hälfte abgenommen hatte. Nach 48 Stunden und nach 6 Tagen der Chloreinwirkung war in allen Fällen Keimfreiheit eingetreten. Bei der doppelten Menge Chlor, also 2 mg pro Liter war nach 2 Stunden, einen Fall ausgenommen, bereits völlige Sterilisirung erzielt worden, und auf der Gelatineplatte bereits nach 10 Minuten die Anzahl der Keime auf weniger als ein Viertheil herabgedrückt. Nach 30 Minuten waren mittelst der Plattenmethode überhaupt keine Keime constatirbar, während die Lakmus-Milchzuckerlösung dreimal unter 8 Fällen Wachsthum gezeigt hatte. Bei 3 mg pro Liter erfolgte einmal nach 30 Minuten verspätetes Wachsthum in der Nährlösung, bei 4 mg war schon nach 10 Minuten unter 6 Fällen Keimfreiheit zu beobachten und nur in einem Falle wurde noch nach einer halben Stunde eine Vegetation beobachtet. Die Zahl der Keime wurde auf der Gelatineplatte schon nach 2 Minuten von 55850 auf 6 reducirt. Bei 5 mg waren immer bereits nach 2 Minuten, bei 8 mg, einen Fall ausgenommen, der möglicherweise auf einen Versuchsfehler zurückzuführen ist, ebenfalls nach 2 Minuten alle Keime vernichtet.

Die geringfügigen Abweichungen, welche bei einigen Versuchen resultirten, dürften auf die verschiedene Widerstandsfähigkeit der Culturen zurückzuführen sein. Im Allgemeinen ergibt sich das Resultat, dass die vierfache Menge des von Traube fixirten Chlorgehaltes noch nicht genügt hatte, um innerhalb der von der Praxis gewünschten Zeit die Beseitigung aller Keime herbeizuführen. Um sicher zu gehen müsste man destillirtem oder an organischen Keimen sehr armem Wasser etwa die zehnfache Dosis an wirksamem Chlor beimischen.

Versuche mit Typhusbacillen.

Etwas günstiger fielen die Versuche, welche mit dem Erreger des Abdominaltyphus angestellt wurden, aus.

Tabelle IV.

Zeitdauer der Einwirkung	0,001 g	0,002 g	0,004 g	0,008 g	Controle
	wirksames Chlor pro Liter				
3 Minuten . . .	†	†	0	†	Unzählige Keime pro ccm
5 » . . .	0	0	0	0	
10 » . . .	0	0	0	0	
20 » . . .	0	0	0	0	
40 » . . .	0	0	0	0	
60 » . . .	0	0	0	0	

Tabelle V.

Zeitdauer der Einwirkung	0,001 g	0,002 g	0,004 g	0,008 g	Controle
	wirksames Chlor pro Liter				
2 Minuten . . .	†	0	0	0	Unzählige Keime pro ccm
5 » . . .	†	0	0	0	
12 » . . .	†	0	0	0	
20 » . . .	†	0	0	0	
40 » . . .	0	0	0	0	
60 » . . .	0	0	0	0	

Die Aussaaten wurden in diesem Falle in peptonisirter Nährbouillon gemacht und ergaben in dem einen Falle bei einer

Concentration von 1 mg pro Liter erst nach 40 Minuten völlige Abtödtung, während bei der gleichen Chlormenge in Tabelle IV die Zeit von 5 Minuten zur Abtödtung genügt hatte. Dass bei 8 mgr nach 8 Minuten in Tabelle IV noch Wachsthum stattgefunden hatte, ist möglicherweise auf einen Versuchsfehler zurückzuführen. Leider habe ich unterlassen, die Diagnose mittelst einer neuen Plattenaussaat in diesem Falle festzustellen.

Man ersieht übrigens auch aus diesen Versuchen die hochgradig antiseptische Wirkung der verwendeten Chlormengen, die in noch überzeugenderer Weise bei den nachfolgenden Versuchen mit dem

Vibrio cholerae asiaticae

zu Tage tritt.

Die Aussaaten wurden auch hier wieder in peptonisirte Nährbouillon gemacht und ergaben Resultate, welche in der Tabelle VI zusammengestellt sind.

Tabelle VI.

Zeitdauer der Einwirkung	0,001 g	0,002 g	0,004 g	0,008 g
	wirksames Chlor pro Liter			
2 Minuten	†††0	†††0	††00	0000
5 »	††00	††00	0000	0000
10 »	†000	†000	0000	0000
20 »	00	00	00	00
30 »	0000	0000	0000	00
40 »	00	00	00	00
90 »	00	00	00	00
8 Stunden	00	00	00	00

In einem Falle waren also sämmtliche Proben, auch diejenige, welche nur 2 Minuten einem Gehalte von einem Milligramm an wirksamem Chlor pro Liter ausgesetzt war, steril geblieben. In einem zweiten Falle waren bei ein und zwei Milligramm wirksamem Chlor pro Liter und einer Einwirkungszeit von 2 Minuten Wachsthum eingetreten. In den übrigen Versuchen trübte sich die Bouillon bei ein und zwei Milligramm

noch nach 10 Minuten, bei 4 mg noch nach 2 Minuten. Als völlig sicher wäre die Sterilisirung des Wassers bei einem Gehalte von 4 mg wohl erst nach 10 Minuten zu erwarten.

Versuche mit Milzbrandsporen.

Die Desinfectionskraft der Chlorkalklösungen gegenüber den Dauerformen des Milzbrandes hat Koch[1]) in seiner viel genannten Arbeit über Desinfection bereits erkannt. Er hatte gefunden, dass eine 5 proc. Chlorkalklösung Milzbrandsporen, die an Seidenfäden angetrocknet waren, nach fünftägiger Einwirkung tödteten. Sternberg's[2]) Resultate waren günstiger, indem eine 1 proc. filtrirte Chlorkalklösung innerhalb 1 bis 2 Minuten die Milzbrandsporen vernichtete. Bei beiden Arbeiten fand ich keine Angabe über den Gehalt des Chlorkalkes an wirksamen Chlor. Woronsoff, Winogradoff und Kolessnikoff[3]) vernichteten mit einer 5 proc. Chlorkalklösung Milzbrandbacillen und deren Sporen schon nach 1 Minute, während die halbe Concentration nach 1 Minute nicht mehr abtödtend wirkte. Durch dieselbe Lösung wurden Bouillonculturen erst nach 30 Minuten vernichtet. Auf mit Milzbrandkeimen inficirtes Blut, das auf Seidenfäden eingetrocknet war, wirkte eine 5 proc. Lösung nach 10 Minuten.

Die Versuche von Jäger[4]) ergaben ebenfalls die eminent energische Einwirkung des Chlorkalkes in höheren Concentrationsgraden. Leider ist die Methodik dieser Versuche von der von uns angewendeten so verschieden, dass ein Vergleich der Resultate undurchführbar ist. Fäden, getränkt mit dem Bakterienmateriale, wurden theils im feuchten, theils im trockenen Zustande je eine Minute lang mittelst einer geglühten Pincette in die Desinfectionsflüssigkeit getaucht, hierauf vor Verunreinigungen geschützt bis zum folgenden Tage bewahrt, und sodann

1) Ueber Desinfection. Mittheil. aus d. Gesundheitsamte, Bd. I, 1881.

2) a. a. O.

3) Ueber den Einfluss der Desinfectionsmittel auf das Contagium des Milzbrandes. Russkaia Medicina, 1886, Nr. 3 u. 32 und Centralbl. f. Bact., 1887, S. 641, Nr. 1.

4) Arb. aus d. kais. Gesundheitsamte, Bd. V, H. 2.

in jedem Versuche je 2 Thieren unter die Haut gebracht. Da die Abtödtung jedoch häufig später erfolgt, als die Vernichtung der Virulenz, hat Jäger eigentlich keine Angaben über die vollendete Abtödtung der verwendeten Keime erhalten. Auch die Zeit der Einwirkung war ungleich, nachdem die Dauer der Eintrocknung der Chlorkalklösungen, dem Feuchtigkeitsgehalte der Luft entsprechend, gewiss bedeutenden Schwankungen unterlag und die Concentration sich beständig während der Aufbewahrung ändern musste.

Bei dieser Versuchsanordnung hatte die Concentration von 1 Theil Chlorkalk auf 5 Theile Wasser auf Milzbrandsporen in einem Falle so abschwächend gewirkt, dass eine Versuchsmaus gesund blieb, während die andere, mit gleich präparirten Fäden inficirt, an Anthrax zu Grunde ging. Bei einer Concentration von einem Theil Chlorkalk auf drei Theile Wasser blieben beide Versuchsthiere dauernd gesund. Nehmen wir nun an, — was Jäger leider nicht angibt — dass der verwendete Chlorkalk einen Gehalt von 20% besass, so würde eine 6½% wirksames Chlor enthaltende Lösung zur Verwendung gekommen sein. Diese Concentration würde also die untere Grenze der Wirksamkeit — nach einer Minute, respective etwa 10 Minuten (bis zur Vollendung der Eintrocknung) Einwirkungszeit bedeuten.

Neuere ausführliche Versuche über die sterilisirende Kraft des Chlorkalkes stammen von Nissen.[1]) Aber auch in dieser Arbeit ist die angewendete Methode eine derartige, dass vergleichbare Resultate nicht erhalten werden können. Nissen hat zwar bei allen Versuchen den Gehalt an unterchloriger Säure bestimmt, jedoch die Bacterien in peptonisirter Bouillon dem Chlorkalke zugesetzt und auf diese Weise schwankende und nicht bestimmbare Mengen an organischen Substanzen dem Versuche beigemischt, so dass der wahre — nach der Einwirkung auf die organischen Substanzen restirende Chlorgehalt — nicht mehr eruirbar ist. Dass aber Chlor völlig anders und minder energisch in Flüssigkeiten wirkt, welche durch organische Substanzen verunreinigt sind, ist aus

1) Zeitschrift für Hygiene, Bd. VIII, S. 62.

den unten angeführten Versuchen mit natürlich und künstlich verunreinigten Wässern ersichtlich.

Nissen erhielt dessenungeachtet eine höchst energische Wirkung. Milzbrandsporen auf Seidenfäden im Exsicator angetrocknet, wurden durch eine 5proc. Chlorkalklösung mit einem Gehalte an unterchloriger Säure von 8,3—13,5% häufig nach 15 Minuten langer Einwirkung, immer nach 50 Minuten entwickelungsunfähig gemacht. Ein Gehalt von 0,5% Chlorkalk bei 10,1% unterchloriger Säure erwies sich nach 180 Minuten erfolglos. Die besseren Resultate, welche nach Zusatz von Salzsäure zu den Chlorkalklösungen erhalten wurden, also durch Chlor in statu nascendi, sind zwar theoretisch interessant, dürften aber praktisch bei unseren Versuchen nicht in Betracht kommen.

Auf diesem Principe hat Geppert[1]) übrigens ein Verfahren zur Sterilisirung der Hände vor chirurgischen Operationen aufgebaut und bei dieser Gelegenheit auch die antiseptische Wirkung des Chlors bestätigt. Es zeigt sich, dass eine nur 15—20 Secunden dauernde Einwirkung von Aqua chlori (0,1—0,2%) genügt hatte, Milzbrandsporen zu tödten. Auf Grund zahlreicher Versuche, erklärte Geppert das Chlor geradezu für das beste bekannte Antiparasiticum.

Obwohl nun die Milzbrandsporen in Trinkwässern, zumal bei der geringen Empfänglichkeit des Menschen für den Anthrax eine untergeordnete Bedeutung besitzen, war es doch wichtig, zu erfahren, wie die kleinen Mengen Chlorkalk des Traube'schen Verfahrens auf diese Keime wirkten. Es war von vorneherein zu erwarten, dass die Behauptung, absolut keimfreies Wasser zu erzielen, auf Dauerformen der Mikroorganismen sich nicht beziehen würde. Die Erfahrung hat diese Vermuthung auch bestätigt, denn es gelang — allerdings durch Kunstgriffe — eine Entwickelung der Sporen des Milzbrandes nach einer 10 Minuten langen Einwirkung einer Chlorkalklösung mit einem Gehalte von 5% an wirksamem Chlor, also in einer 50000fach concentrirteren Chlorlösung als Traube angibt, zu erhalten.

1) Berl. klin. Wochenschr., 1890, Heft 11. Vgl. dazu auch J. Preindlsberger, Zur Kenntnis der Bacterien des Unternagelraumes, Wien 1891.

Wie sehr es bei diesen subtilen Versuchen auf die angewendete Methode ankommt, mögen folgende Tabellen lehren. Die erste zeigt aber auch in überzeugender Weise, dass selbst geringfügige Chlormengen genügen, um eine rasche Abnahme der Keimzahl auf den Platten hervorzubringen.

Der Versuch, nach welchem die Tabelle entworfen ist, wurde so angestellt, dass in Erlenmeyer-Kölbchen die Chlormengen in sterilem Wasser mit den Sporenaufschwemmungen zusammengebracht wurden, und sodann nach den angegebenen Zeiten mit einer Platinöse Proben, sowohl in Bouillonröhrchen, als auch in Gelatine übertragen wurden. Die Zahlen beziehen sich auf die auf den Platten beobachteten Colonien.

Tabelle VII.

Zeitdauer der Einwirkung	0,002 g		0,005 g		0,008 g		0,015 g		0,1 g		1,0 g		Controle Zahl d. Colonien
	wirksames Chlor pro Liter												
	Wachsthum in Bouillon	Zahl der Colonien	Wachsthum in Bouillon	Zahl der Colonien	Wachsthum in Bouillon	Zahl der Colonien	Wachsthum in Bouillon	Zahl der Colonien	Wachsthum in Bouillon	Zahl der Colonien	Wachsthum in Bouillon	Zahl der Colonien	
30 Min. .	†	20412	†	14238	†	11088	†	6408	†	19	†	10	35255
2 Std. .	†	10080	†	0 am 2. Tage 130 am 3. Tage	†	0 am 2. Tage 5 am 3. Tage	†	0	0	0	0	0	pro ccm
30 Std. .	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	

Die Versporung der Milzbrandbacillen wurde auf Weizenagar, dessen Bereitung Heider[1]) angibt, erzielt; die Sporen wurden in 5 proc. Carbolsäure selbst nach 2 Monaten noch entwickelungsfähig gefunden. Ein Blick auf die Tabelle, deren Resultate mit vielen Versuchen im Wesentlichen übereinstimmen, lehrt, dass nach zweistündiger Einwirkungszeit die Zahl der Keime bei 0,002 g Chlor pro Liter um etwa ein Drittel abgenommen hatte. Dem Plattenversuche nach war die Sterilisirung bei 0,015 g Chlor pro Liter, dem Bouillonversuche nach erst

1) Archiv f. Hygiene, Bd. XV, S. 341.

bei 0,1 und 2 Stunden Einwirkung erreicht; also bei einer hundertmal höheren Concentration als Traube angibt.

Dessenungeachtet schienen die Resultate immer noch zu günstig, und ich habe daher auf Anrathen Professor Gruber's einige Versuche angestellt, bei welchen statt einer Oese Versuchmateriale einige Cubikcentimeter und manchmal die ganze Sporenaufschwemmung zur Verwendung kam.

Man kann hierbei auf verschiedene Art verfahren. Der Gang war in den ersten Versuchen der folgende. Nachdem der Chlorkalk eine bestimmte Zeit auf die Sporen eingewirkt hatte, wurde im Kölbchen durch eine verdünnte Lösung von Eisenvitriol und kohlensaurem Natrium in einander entsprechender Menge ein Niederschlag erzeugt, welcher beim Absetzen die Hauptmasse der Sporen auf dem Wege der Sedimentirung zu Boden riss. Nach einigen Stunden wurde dann das über dem Niederschlage stehende Wasser abgegossen, der Niederschlag durch mehrmals gewechseltes steriles Wasser gewaschen und schliesslich mit etwa 50 ccm Bouillon überschichtet. Mit Hilfe dieser Methode gelang es nach 4 Tagen noch eine Auskeimung der Milzbrandsporen bei 0,015 g wirksamen Chlors pro Liter nachzuweisen.

Die zweite Versuchsanordnung ist empfehlenswerther und gestattet aus demselben Kölbchen nach verschiedenen Zeiten Proben der Untersuchung zuzuführen. Man entnimmt mit sterilen Pipetten etwa 5—10 ccm der Sporenemulsion aus der Chlorkalklösung und überträgt dieselben in ein Kölbchen, in welchem sich bereits die zur Neutralisirung genau genügende, sterilisirte Lösung von unterschwefligsaurem Natrium befindet. Es entsteht sofort ein Niederschlag von Calciumtetrathionat, welchen man mit 100 und noch mehr Nährbouillon überschichtet. Die Kölbchen werden dann in den Brutofen gebracht, täglich beobachtet und, falls kein Wachsthum erfolgt sein sollte, gelinde geschüttelt. Gerade hierbei tritt manchmal eine Verzögerung im Wachsthume auf, indem es sich nicht selten ereignet, dass die im Niederschlag eingeschlossenen Sporen erst am 3. Tage eine sichtbare Vegetation ergeben.

50,0 g Chlor zu 1000 ccm Wasser zugesetzt, ergab bei einer Einwirkungszeit von

2	Minuten	Wachsthum am 2. Tage	
5	»	» » 2.	»
10	»	» » 3.	»
20	»	kein Wachsthum	
60	»	» »	

20,0 g Chlor zu 1000 ccm Wasser zugesetzt, ergab bei einer Einwirkungszeit von

2	Minuten	Wachsthum am 2. Tage	
5	»	» » 2.	»
10	»	» » 3.	»
30	»	kein Wachsthum	
60	»	» »	

15,0 g Chlor zu 1000 ccm Wasser zugesetzt, ergaben bei einer Einwirkungszeit von

2	Minuten	Wachsthum am 2. Tage	
8	»	» » 2.	»
15	»	» » 3.	»
25	»	» » 3.	»
40	»	» » 3.	»
60	»	kein Wachsthum.	

Bei einer 50000mal grösseren Dosis Chlor als Traube angibt, war die Abtödtung der Milzbrandsporen erst in 20 Minuten sicher erfolgt; die 15000fache Menge tödtete erst nach 1 Stunde.

Versuche mit natürlichen und mit künstlich verunreinigten Wässern.

Wenn wir von den Milzbrandsporenversuchen, deren untergeordnetes Interesse — vom praktischen Standpunkte — wir schon oben betont haben, absehen, hat das Traube'sche Verfahren — vorausgesetzt, dass man die Chlormenge etwa zehnmal grösser nimmt, recht ermuthigende Resultate ergeben. Der praktische Werth konnte aber nur mit Wässern geprüft werden, welche organische Substanzen in einer Menge enthielten, wie sie in der Praxis des Soldaten u. s. w. vorkommen dürften. Es war zu erwarten, dass hierbei das Verfahren erheblich schlechtere

Chancen gibt, nachdem das Chlor durch organische Substanzen gebunden und unwirksam gemacht wird.

Nun gibt wohl Traube an, dass der Chlorkalk rascher auf Bacterien einwirken müsse, als auf die übrigen organischen Substanzen, freilich nur auf Grund einer Titrirung der organischen Substanzen vor und nach dem Versuche und nicht auf Grund einer bacteriologischen Prüfung. Es zeigte sich, dass die Erwägungen mit der Wirklichkeit aber nicht übereinstimmten.

Ich habe eine Anzahl Wässer — meist wohl an der Grenze der Genussfähigkeit stehend — mit Bacterienreinculturen versetzt und nach Zusatz von Chlor Aussaaten in Bouillon eventuell auch auf Gelatineplatten angelegt.

Zur Orientirung überzeugte ich mich von dem Grade der Verunreinigung durch Titration der organischen Substanzen mit Chamaeleonlösung.

Wie gross die Dosis Chlor sein muss, von welcher man eine Einwirkung zu erwarten berechtigt ist, kann man auch leicht auf folgende Weise erfahren. Verunreinigte Wässer werden mit steigenden Dosen Chlorkalkwasser versetzt, so dass der Gehalt an wirksamen Chlor 0,001, 0,002, 0,004 u. s. w. pro Liter beträgt und einige, etwa 10 Minuten lang stehen gelassen. Es erfolgt nun die Bindung des Chlors mit den organischen Substanzen, und wenn man dann Jodkalistärkekleister zusetzt, kann man an der eintretenden, mehr oder minder intensiven Blaufärbung leicht erkennen, welche Probe soviel Chlor enthalten hatte, dass nach der Bindung der organischen Substanzen noch ein verfügbarer Rest übrig blieb. Für eine rasche Orientirung ist diese Methode völlig brauchbar. Es zeigte sich übereinstimmend, dass dort, wo eine intensive Blaufärbung eingetreten war, auch die Abtödtung der vegetativen Formen sich vollzogen hatte, dass jedoch dort, wo die Probe nach Zusatz von Jodkalistärkekleister farblos geblieben war, oder nur hellblau wurde, wo also alles Chlor an die organischen Substanzen gebunden war, keine oder nur eine geringfügige Einwirkung auf die Keime stattgefunden hatte. Es erhellt daraus, dass je höher der Gehalt eines Wassers an organischen Substanzen ist, desto mehr Chlor zugefügt werden muss.

Vorweg will ich jedoch constatiren, dass in den meisten Fällen ein Gehalt von 0,008 g wirksamen Chlors pro Liter in einer Zeit von 30 Minuten genügt hatte, um alle vegetativen Keime zu tödten. Höhere Chlormengen waren nur bei künstlich mit Harn verunreinigten Wässern, in einem Falle aber auch bei Donaucanalwasser, welches nahe der Einmündung eines Unrathkanales entnommen worden war, nothwendig. Ein Wasser, welches mehrere Monate in einem eisernen Rohre stagnirt hatte, deutlich nach Schwefelwasserstoff roch, verbrauchte ebenfalls eine höhere Chlormenge.

Die im Folgenden gegebenen Tabellen mögen mir die Anführung der Details ersparen.

Wasser Nr. VI. Dasselbe entstammt einem Springbrunnen, in welchem das Wasser durch längere Zeit nicht abgelassen worden war. Mikroskopisch war eine reiche Flora von Algen und Bacterien und eine Fauna von Süsswasserinfusorien nachweisbar. 100000 Theile verbrauchten 11,5 Chamaeleon.

Tabelle VIII.

	0,004 g	0,008 g	0,016 g	0,032 g	0,064 g
	wirksames Chlor pro Liter				
Nach 10 Minuten langer Einwirkungszeit u. Zusatz von Jodkalistärkekleister	farblos	hellblau	dunkelblau	dunkelblau	dunkelblau

Eine andere Probe desselben Wassers gab nach Sterilisirung und Zusatz einer Typhusbacillenaufschwemmung folgendes Resultat.

Tabelle IX.

Einwirkungszeit	0,004 g	0,008 g	0,016 g	0,032 g	Controle
	wirksames Chlor pro Liter				
2 Minuten . . .	†	†	0	0	Unzählige Keime pro ccm
5 » . . .	†	0	0	0	
12 » . . .	†	0	0	0	
25 » . . .	†	0	0	0	
40 » . . .	†	0	0	0	

Die Sterilisirung war also bei 0,008 g Chlor pro Liter nach 5 Minuten vollendet.

Wasser Nr. II. Einem Tümpel in der Nähe des Donaubettes entstammend. 100000 Theile verbrauchten 0,92 Chamaeleon.

Tabelle X.

Zeitdauer der Einwirkung	0,001 g	0,002 g	0,004 g	0,008 g
	wirksames Chlor pro Liter			
Sofort	hellblau	hellblau	gesättigt blau	dunkelblau
Nach 5 Minuten	farblos	farblos	gesättigt blau	dunkelblau

Nach der Sterilisirung, versetzt mit einer Coliaufschwemmung, ergibt sich:

Tabelle XI.

Zeitdauer der Einwirkung	0,001 g	0,002 g	0,004 g	0,008 g
	wirksames Chlor pro Liter			
2 Minuten	†	†	†	0
5 »	†	†	†	0
15 »	†	†	†	0
30 »	†	†	†	0
60 »	†	†	†	0

In diesem Falle war die Abtödtung erst durch 0,008 g wirksames Chlor pro Liter, allerdings aber schon nach 2 Minuten, erfolgt.

Wasser Nr. III. Dasselbe entstammt einem grösseren hölzernen Bottich, welcher zur Speisung des vorerwähnten Springbrunnens dient. In demselben war das Wasser ebenfalls längere Zeit nicht erneuert worden. Die organischen Substanzen verbrauchten für 100000 Theile 8,8 Chamaeleon.

Tabelle XII.

Zeitdauer der Einwirkung	0,004 g	0,008 g	0,016 g	0,032 g	Controle
	wirksames Chlor pro Liter				
2 Minuten . . .	† 35761[1])	† 1197	0	0	46430 Keime pro ccm
5 » . . .	† 39116	† 208	0	0	
10 » . . .	† 24381	† 16	0	0	
30 » . . .	† 21546	† 0	0	0	
Der Zusatz von Jodkalistärkekleister hatte bei der Vorprobe ergeben nach 10 Minuten	farblos	hellblau	dunkelblau	dunkelblau	

In diesem Falle war Keimfreiheit bei 0,008 g Chlor pro Liter erst nach 30 Minuten erreicht worden.

Ein ähnliches Resultat ergab das Wasser I, welches dem Klosterneuburgercanale entstammt. Dieser künstlich angelegte offene Donauarm ist bestimmt, allen Unrath und die Abwässer der Stadt Klosterneuburg zu sammeln und dem Donaustrome zuzuführen. Etwa 2 m flussabwärts von der Einmündung des grossen Kasernunrathcanales wurde die Wasserprobe entnommen.

Nach Sterilisirung und Beschickung mit Choleravibrionen ergab sich Folgendes:

Tabelle XIII.

Zeitdauer der Einwirkung	0,004 g	0,008 g	0,016 g	0,064 g
	wirksames Chlor pro Liter			
2 Minuten	†	†	0	0
5 »	†	†	0	0
10 »	†	†	0	0
25 »	0	0	0	0
47 »	0	0	0	0

1) Keime pro Cubikcentimeter auf der Gelatine-Platte.

8 mg Chlor pro Liter hatten in 25 Minuten alle Vibrionen abgetödtet. Die Zahl der Keime war auf der Platte zu dicht als dass eine Zählung hätte vorgenommen werden können.

Geprüft wurden ferner einige Wasserproben aus dem Wiener Donaucanale, in welchen sich derzeit noch die Unrathscanäle und Abwässer der Stadt Wien frei ergiessen. Zu diesen Wässern, welche an verschiedenen Tagen des Monates März — also zu einer Zeit hohen Wasserstandes — dem Flussbette entnommen wurden, musste an wirksamem Chlor, um nach 10 Minuten die Jodkalistärkereaction zu erhalten, zugesetzt werden.

Probe I . . .	0,005	wirksames Chlor pro Liter.
» II . . .	0,008	
» III . . .	0,021	

Diese 3 Proben wurden in der Nähe eines Unrathscanales bei der Augartenbrücke entnommen, woselbst der Donaucanal etwa ein Dritttheil der Stadt bereits durchflossen hat.

Probe IV wurde bei der Sophienbrücke entnommen. Daselbst hat der Donaucanal bereits die Hauptmasse des Unrathes der ganzen Stadt, insbesondere durch die Einmündung des Wienflusses aufgenommen. Der Chlorverbrauch war aber hier nach 10 Minuten langer Einwirkung nur etwa 0,004 g pro Liter und auch bei dem gleichzeitig entnommenen Wasser des Wienflusses genügte die gleiche Menge an wirksamem Chlor zur Hervorrufung der deutlichen Jodstärkereaction, selbst dann, wenn die Chlorkalklösung eine halbe Stunde auf die organischen Substanzen des Wassers eingewirkt hatte.

Ein Wasser, welches mit 5 und mit 10 ccm faulendem Harn und Bouillon pro Liter künstlich verunreinigt worden war, ergab bei 0,002 g wirksamen Chlors pro Liter schon nach 2 Minuten im ersten Falle, nach 5 Minuten im zweiten Falle die Abtödtung aller zugesetzten Keime. Zur Oxydation wurden 2,57 respective 5,14 Chamaeleon verbraucht. Eine noch stärkere Beimischung von faulenden Substanzen, 50 ccm (Harn und Bouillon) zu 1000 Theilen destillirten Wassers ergab:

Tabelle XIV.

Zeitdauer der Einwirkung	0,002 g	0,004 g	0,008 g	0,016 g	Controle
	wirksames Chlor pro Liter				
2 Minuten . . .	†	†	†	†	36 500 Keime
5 » . . .	†	†	0	0	pro ccm
10 » . . .	†	0	0	0	(Bact. coli
30 » . . .	0	0	0	0	commune)

Es war zwar bis 0,016 g Chlor zu 1000 Gramm Wasser auch noch Wachsthum erfolgt, jedoch hatten bei 8 mg pro Liter bereits 5 Minuten zur Abtödtung genügt.

Steigert man die Beimischung noch um weitere 50 ccm Faulflüssigkeit, so schafft man hierdurch ein Wasser, welches für 100000 Theile bereits 25,7 Theile Chamaeleon verbraucht und durch seine Unappetitlichkeit wohl kaum mehr in Betracht kommen dürfte. Der ekelerregende Geruch verräth schon von Weitem die unreine Provenienz. Doch ist auch hier das Resultat keineswegs als gänzlich ungünstig zu bezeichnen.

Tabelle XV.

Zeitdauer der Einwirkung	0,002 g	0,004 g	0,008 g	0,016 g	Controle
	wirksames Chlor pro Liter				
2 Minuten . . .	† 91440[1]	† 69640	† 50820	† 13041	113400 Keime
5 » . . .	† 68040	† 53620	† 19200	0 0	von Bact. coli
10 » . . .	† 56700	† 18960	† 285	0 0	commune
30 » . . .	† 35280	† 0	† 0	0 0	pro ccm
2 Stunden . . .	† 18140	† 0	0 0	0 0	

Bei der Vorprobe mit Jodkalistärkekleister hatte sich ergeben:

Tabelle XVI.

	0,004 g	0,008 g	0,016 g	0,032 g	0,064 g
	wirksames Chlor pro Liter				
Nach 10 Min.	farblos	hellblau, dann farblos werdend	lichtblau	dunkelblau	dunkelblau

1) Keime auf der Gelatineplatte pro Cubikcentimeter.

Aus den gleichzeitig mit den Bouillonaussaaten angelegten Platten ersieht man, wie sehr der Keimgehalt nach längerem Stehen, selbst bei der niedrigsten Concentration, abgenommen hatte. Zur völligen Vernichtung aller Keime war aber doch die Einwirkung von 8 mg pro Liter durch 30 Minuten oder die Einwirkung von 16 mg pro Liter durch mindestens 5 Minuten erforderlich gewesen.

Man ersieht also, dass die Menge der organischen Substanzen von wesentlichem Belange bei der Prüfung der Einwirkung von Chlorkalk ist, weshalb den Versuchen von Nissen[1]), der eine Bacterienbouillonaufschwemmung zu den Chlorlösungen zugefügt hat, wesentliche Fehler zu Ungunsten des wahren antiseptischen Werthes anhaften müssen, wie sich aus dem Vergleiche der oben angeführten Versuchsprotokolle ergibt.

Schlussfolgerungen und Stellung des Verfahrens in der Praxis.

Es mag unschwer sein, Wässer zu finden, welche noch grössere Mengen Unrath und organische Substanzen bergen, als die von mir untersuchten, bei denen dann noch grössere Zusätze von Chlorkalk zur Vernichtung der Keime nöthig wären. Ich glaube jedoch, dass selbst in schlimmen Fällen Wässer, die unreiner sind, als die oben beschriebenen, genusslich nicht in Betracht kommen dürften, wir daher in der Praxis von gröberen Verunreinigungen absehen können.

Dessenungeachtet hat es sich gezeigt, dass die von Traube angenommene Menge von 0,001 Chlor pro Liter selbst in günstigen Fällen in einer Zeit, welche praktisch allein für die Wasserreinigung in Betracht kommen kann, unzulänglich ist; aber auch bei einer längeren Einwirkungszeit bis 24 Stunden, waren in der von Traube angenommenen Menge noch lebensfähige Keime zurückgeblieben; es steht daher fest, dass die angegebene Menge viel zu klein ist und etwa um das Dreissigfache erhöht werden muss. Dafür kann man aber mit der dreissigfachen Dosis die Zeitdauer der Einwirkung erheblich abkürzen.

1) a. a. O.

Man kann nach den Versuchen erwarten, dass die in Betracht kommenden Wässer nach einer Einwirkungszeit von 10 Minuten und dem Zusatze von 30 mg Chlor pro Liter sich stets als frei von vegetativen Formen der Mikroorganismen erweisen werden. Wollte man jedoch die vom hygienischen Standpunkte zwar ideale, jedoch praktisch unnöthige Forderung der Abtödtung der Dauerformen, aufrecht erhalten, so wird man vom Chlorkalkzusatze keine befriedigenden Resultate erhalten. Es würde in diesem Falle jedes chemische Reinigungsverfahren fehlschlagen und auch der Zusatz von Sublimat gewiss nicht bessere Resultate ergeben.

Ein Wasser, welches durch Schwefelwasserstoff in erheblicherem Maasse verunreinigt ist, wird ebenfalls grössere Chlormengen verbrauchen wie aus dem oben erwähnten Versuche mit dem Wasser, welches in einer eisernen Rohrleitung längere Zeit stagnirt hatte, hervorgeht. Der Process verläuft in diesem Falle nach der Formel

$$H_2S + Cl_2 = S + 2\,H\,Cl$$

Ein Wasser aber, welches mehr als Spuren von H_2S enthält, eignet sich seines üblen Geruches wegen, überhaupt nicht für den Genuss und dürfte daher praktisch überhaupt nicht in Betracht kommen.

Bei Anwendung des Chlorkalkes könnte noch die leichte Zersetzlichkeit des Präparates Bedenken erregen. Ich glaube aber, dass man in diesem Punkte übertriebene Befürchtungen hegt, und dass der Chlorkalk, vorausgesetzt, dass man denselben in einem gut verschlossenen Glasgefässe, das etwa durch eine Schraube und eingelegten Gummiring luftdicht abschliesst, vor Feuchtigkeit und etwa durch eine dunkle Hülse vor Licht schützt, nur um zu vernachlässigende Werthe Verluste an wirksamem Chlor erleiden dürfte.

Pattinson[1]) hat den Werthverlust des Chlorkalkes beim Aufbewahren in Fässern und in Flaschen bei einer Temperatur

1) Journal Soc. Chem. Ind., 1886, p. 587; citirt nach Wagner's Jahrb. f. chem. Technologie.

von 5—17° Celsius geprüft und gefunden, dass in Fässern der Gesammtverlust an wirksamem Chlor nur 3 bis 4% pro Jahr betrage, während in Flaschen der Verlust an Chlor von 1,8—2,4% schwanke. Man ersieht daraus, dass man bei einer etwa 3jährigen Erneuerung der Präparate nur einen Fehler von höchstens 7,2% begehen könne, ein Fehler, der gewiss für unseren Fall vernachlässigt werden kann.

Da jedoch Chlorkalk für den Genuss in den von uns vorgeschlagenen Mengen nicht gleichgültig ist, so ist es unbedingt nöthig, eine zur Bindung des eventuell unverbrauchten Chlores dienende Verbindung, etwa Calcium- oder Natriumsulfit, in entsprechender Menge nach 5—10 Minuten langer Einwirkung hinzuzufügen. Es bildet sich Calcium-, bezw. Natriumsulfat und Calciumchlorid nach dem Vorgange:

$Ca\,SO_3 + Ca\,Cl_2O = Ca\,SO_4 + Ca\,Cl_2$ beziehungsweise $Na_2\,SO_3 + Ca\,Cl_2O = Na_2\,SO_4 + Ca\,Cl_2$.

Die Härte des Wassers wird durch den Zusatz des Chlors und Antichlors zwar vermehrt, jedoch innerhalb der zulässigen Grenzen. Sie wird natürlich erheblicher gesteigert, wenn zur Bindung des Chlors Calciumsulfit verwendet wird. Bei Verwendung von $Ca\,SO_3$ steigt die Härte um 7,01, bei Anwendung von $Na\,SO_3$ jedoch nur etwa um 2,37 deutsche Härtegrade.

Der praktischen Verwerthung des Verfahrens stellt sich aber noch ein Umstand störend in den Weg, d. i. die schwere Benetzbarkeit des Chlorkalkes. Man wird, wenn man die vorgeschlagene Menge Chlorkalk dem Wasser einfach zusetzt, nur einen kleinen Theil des Chlors wirklich gelöst und wirksam finden, wenn man auch die Probe gut durchrührt oder gar heftig schüttelt. Ein erheblicher Theil des Präparates wird stets auf dem Wasser durch Luftbläschen schwimmend erhalten und gibt sein wirksames Chlor erst nach sehr langer Zeit und nur unvollständig ab.

Man muss also besondere Kunstgriffe anwenden, um diese störende Eigenschaft des Chlorkalkes zu beseitigen. Die Versuche, welche ich in dieser Richtung ausgeführt habe, ergaben, dass man sowohl mechanisch durch feines Verreiben mit Wasser,

als auch chemisch durch Zersetzung des Chlorkalkes das vorhandene Chlor wirksam machen kann.

Der erstere Weg ist einfacher und billiger, erfordert aber immerhin einige Sorgsamkeit. Man muss in einer kleinen Wasserprobe, etwa in 10 bis 20 Tropfen den zu verwendenden Chlorkalk mit Hilfe eines Pistilles sorgfältig zu einem gleichmässigen Brei zerreiben. Man kann sich hierzu mit Vortheil eines Rührlöffels bedienen, in dessen Höhlung das Pulver mit dem Wasser verrieben wird und welcher dann direct sammt dem Chlorkalkbrei in die Flüssigkeit getaucht wird. Wenn man dann einigemale den Rührlöffel hin- und herbewegt, so ist man sicher, dass fast das ganze Chlor in der Flüssigkeit gelöst worden ist.

Versuche, bei denen sowohl die Flüssigkeit mit den suspendirten Chlorkalkpartikelchen, als das durch Asbest geklärte Filtrat mit unterschwefligsaurem Natrium und Jodkali auf den Gehalt an wirksamem Chlor titrirt wurden, ergaben einen praktisch vernachlässigbaren Chlorverlust.

So ergaben in einer etwa 1 proc. Lösung 20 ccm Chlorkalklösung mit einem Gehalte von 60 mg Chlor:

I.	unfiltrirte Lösung . .	59,640	mg	Chlor
I.	filtrirte » . .	57,155	»	»
II.	unfiltrirte » . .	59,640	»	»
II.	filtrirte » . .	57,510	»	»

Bei einer Chlorkalklösung, welche 30 mg pro Liter enthielt, ergab die Titration folgende Werthe:

I.	unfiltrirte Lösung .	28,6	mg	wirksames	Chlor	pro	Liter
	filtrirte » .	26,7	»	»	»	»	»
II.	unfiltrirte » .	28,045	»	»	»	»	»
	filtrirte » .	25,449	»	»	»	»	»
III.	unfiltrirte » .	29,110	»	»	»	»	»
	filtrirte » .	26,607	»	»	»	»	»

Der mittlere Verlust an wirksamem Chlor beträgt 8,09 %. Der andere Weg, den man einschlagen kann, beruht darauf, das Chlor durch eine Säure frei zu machen. Ich habe zu diesem Zwecke die Citronensäure verwendet, da dieselbe wegen ihrer festen Consistenz und ihrer Haltbarkeit im vorliegenden Falle

den Vorzug vor flüssigen Säuren verdient. Man hat das Chlorkalkpulver zuerst in wenig Wasser, etwa in 10 ccm zu vertheilen, wobei man eine stark getrübte Flüssigkeit erhält. In diese wird sodann eine kleine Menge reiner Citronensäure in Substanz einfach eingetragen und möglichst rasch das Gemische dem zu sterilisirenden Wasser zugefügt. Es ist wichtig, nach Zusatz der Citronensäure das Gemenge bald in die Wasserproben zu bringen, da in der concentrirten Flüssigkeit eine Einwirkung des Chlors auf die Citronensäure stattfindet, wodurch ein erheblicher Theil des Chlors wieder gebunden wird. So fand ich bei der Titrirung mit Jodkalium und unterschwefligsaurem Natrium folgende Mengen Chlor bei Variirung der Einwirkungszeit des Chlorkalkes und der Citronensäure.

Tabelle XVII.

Gehalt an wirksamem Chlor	Zugesetzte Citronensäure	5 ccm einer 10 proc. JK-Lösung werden zugesetzt	Erhaltener Chlorgehalt
40 mg	0,5 g	sofort	37,275 mg
40 »	0,5 »	nach einer halben Minute	33,725 »
40 »	0,5 »	nach einer Minute	20,590 »
40 »	0,5 »	nach 5 Minuten	10,650 »
40 »	0,5 »	nach 8 Minuten	3,550 »

Es erhellt aus der Tabelle, dass nach 1 Minute bereits der Chlorgehalt auf die Hälfte herabgesunken ist; nach 8 Minuten sind mehr als 90% des wirksamen Chlors bereits von der Citronensäure zerstört.

Dass aber durch die Citronensäure bei rascher Arbeit fast alles Chlor in Freiheit gesetzt wird, beweisen die nachfolgenden Zahlen:

Tabelle XVIII.

Berechneter Chlorgehalt der Lösung	10 proc. JK-Lösung	Citronensäure	Chlorgehalt
40 mg	5	1,0 g	39,760
40 »	5	1,0 »	39,305
40 »	5	1,0 »	39,305
40 »	5	0,5 »	37,275
40 »	5	0,5 »	38,695

Die gleiche Chlorkalkmenge statt mit Citronensäure mit einigen Tropfen Salzsäure versetzt, ergab bei der Titrirung 39,05 mg wirksames Chlor. Man ersieht also, dass die durch die Citronensäure frei werdende Chlormenge annähernd dem gesammten Gehalte an wirksamem Chlor gleichkommt.

Die erforderliche Minimalmenge an Citronensäure habe ich durch Variirung der Quantität der zugesetzten Säure zu ermitteln gestrebt, da es wichtig ist, theils aus ökonomischen und geschmacklichen Gründen, theils um nicht zu viel organische Substanz dem Wasser beizumengen, eine möglichst geringe Säuremenge zu verwenden. Es ergab sich, dass die Menge von 0,25 g Citronensäure gewiss für die pro Liter zuzusetzende Chlorkalkmenge ausreichend ist; nimmt man hingegen weniger Citronensäure, so erhält man nicht mehr die berechnete Chlormenge. Ich habe mich weiters durch Kostproben überzeugt, dass eine Citronensäurelösung von ¼ ‰ noch als frei von jeglichem Geschmacke sich erweist.

Tabelle XIX.

Chlorkalk und Citronensäure mit Variirung der Quantität der zugesetzten Citronensäure.

Berechneter Chlorkalk	10 proc. JK-Lösung	Citronensäure	Gefundener Chlorgehalt
40 mg	5 ccm	0,5 g	39,760 mg
40 »	5 »	0,25 »	40,115 »
40 »	5 »	0,20 »	34,790 »
40 »	5 »	0,15 »	24,140 »
40 »	5 »	0,10 »	20,590 »
40 »	5 »	0,05 »	3,550 »
20 »	5 »	0,125 »	17,040 »
20 »	5 »	0,100 »	14,910 »

Versuche mit Aufschwemmungen des Bacterium coli commune, mit Wässern verschiedener Provenienz, bestätigten auch die energische Wirksamkeit des durch die Citronensäure in Freiheit gesetzten Chlors.

Das Verfahren würde sich also in der Praxis etwa folgendermaassen gestalten: Es würde z. B. im Felde Wasser in grösseren Mengen, etwa 10—20 l in den sogenannten »Wassereimern«

herbeigeschafft. Sodann wird der der Wassermenge entsprechende Chlorkalk entweder im Rührlöffel mit wenig Wasser angerieben und dem Wasser zugesetzt, oder der — ebenfalls im stark gehöhlten Rührlöffel — bereiteten Chlorkalklösung die Citronensäure zugesetzt und der Inhalt des Löffels durch Hin- und Herschwenken im Wasser vertheilt. Der Chlorkalk, sowie eventuell die Citronensäure, befinden sich in verschieden gefärbten Ceratpapieren in einer am besten mittelst eines Gummiringes verschliessbaren Glas- oder Blechbüchse.

Nach 10 Minuten, während welcher Zeit die Probe einigemale leicht gemischt wird, fügt man das zweite resp. dritte Pulver, Natriumsulfit enthaltend, entsprechend dem zugefügten Chlorkalk, dem Wasser zu. Durch die gegenüber der Traube'schen Angabe so beträchtlich vermehrte Chlorkalkmenge ist das Wasser nicht mehr völlig klar, sondern leicht durch flockige Partikelchen von kohlensaurem Kalke getrübt. Das Wasser kann also nicht ohne weiteres verwendet werden, sondern muss einer Filtration — allerdings nur durch ein rohes und rasch arbeitendes Filter — unterzogen werden. Man kann hierzu einfach Säcke aus Flanell oder irgend ein ergiebiges Asbestfilter, etwa in Oesterreich das in der Armee eingeführte Kuhn'sche Filter verwenden.

Kostproben ergaben sowohl beim bloss mit Chlorkalk, als auch mit dem mit Chlorkalk und Citronensäure versetzten Wasser nach Zusatz von Antichlor durchaus befriedigende Resultate.

Es soll nicht verschwiegen werden, dass bei sehr weichen Wässern die vorhandene halbgebundene Kohlensäure zur Bindung des frei werdenden Calciums nicht ausreicht, und dass demnach Spuren von Calciumoxydhydrat sich in solchen Fällen im Wasser gelöst vorfinden können. Solche geringfügige Mengen sind aber hygienisch gewiss bedeutungslos und dürften nur höchst selten auftreten, nachdem weiche Wässer, deren Härte nur etwa vier deutsche Härtegrade beträgt, nur ausnahmsweise gefunden werden und bei höheren Härtegraden bereits die CO_2-Menge zur Bindung des Calciums genügt.

Durch die nothwendig gewordene Vermehrung des Chlorkalkgehaltes hat das Traube'sche Verfahren viel an Werth

verloren. Man wird es nicht leicht für eine Wasserversorgung grösserer Städte verwenden können, da es sich bei der vergrösserten Menge von Chlorkalk und Antichlor zu theuer stellt, und es überhaupt fraglich ist, ob man bei den grossen Wassermengen, welche die hygienischen Anforderungen den Gemeinwesen vorschreiben, die Operationen des Mischens mit jener Präcision würde durchführen können, wie sie das Verfahren vorschreibt. Es dürfte also immer nur als Nothbehelf in Anwendung kommen, wenn es sich darum handelt, rasch ohne besondere maschinelle Einrichtungen steriles Wasser zu schaffen. Für die Truppe im Felde oder für die Bevölkerung eines verseuchten Gebietes dürfte es aber auch in der angegebenen Modification, die, so weit menschliche Voraussicht reicht, absolute Sicherheit bezüglich der Abtödtung aller pathogenen vegetativen Bacterienformen darbietet, vorzügliche Dienste leisten. Es unterscheidet sich dadurch vortheilhaft von dem von Pick empfohlenen Zusatz von organischen Säuren zum Trinkwasser, wodurch eine sichere Abtödtung nur beim Choleravibrio garantirt wird. Handelt es sich aber nur um letzteres, verdient das Pick'sche Verfahren infolge seiner Einfachheit gewiss den Vorzug vor dem Chlorzusatz.

Das Wärmeleitungsvermögen der Grundstoffe unserer Kleidung.

Von

Max Rubner.

(Aus dem hygienischen Institut der Universität Berlin.)

Einleitung.

Unter den thermischen Eigenschaften unserer Kleidungsstoffe hat in allen rauhen Klimaten, welche eine grössere Dicke der Kleidung zur Nothwendigkeit machen, das Wärmeleitungsvermögen eine hervorragende Bedeutung. Schon im Jahre 1787 hat der allen praktisch verwerthbaren Untersuchungen zugeneigte Graf Rumford, der in einer seiner Zeit weit vorauseilenden Rücksichtnahme für die Ziele der Volkswohlfahrt die Hebung von Missständen in der niederen Bevölkerung erstrebte sich mit den Eigenschaften der Kleidungsstoffe beschäftigt. Die Kleidung bezeichnet er ganz richtig als ein Mittel zur Zurückhaltung der Wärme; er hat Experimente, welche das Leitungs, vermögen der Rohmaterialien der Kleidung zum Vorwurf genommen hatten, zur Durchführung gebracht [1]). Seine Experimente sind gewiss nicht in dem Sinne zum Abschluss gelangt, wie eine für das Praktische hervorragend veranlagte Natur wie Rumford wünschen musste, aber den Werth von Untersuchungen dieser Art und ihre Tragweite hat er voll erkannt.

---

1) Rumford, Mém. sur la chaleur, Paris 1804, p. XIX; veröffentlicht wurden diese Versuche a. O. schon 1792.

Mit einigem Befremden nimmt man wahr, dass dieser erste Anstoss zur wissenschaftlichen Bearbeitung der Bekleidungslehre viele Jahrzehnte ohne jeden weiteren Erfolg geblieben ist. Erst zu Ende der 50er Jahre dieses Jahrhunderts machte Péclet einige Angaben über das Wärmeleitungsvermögen von Grundstoffen und Geweben in absolutem Maasse. Da aber diese Angaben zusammen mit einer Fülle anderer Messungen, welche die Hygiene nicht berühren, zur Veröffentlichung gelangten, so sind sie offenbar wenig bekannt geworden, denn sie werden in der hygienischen Literatur, wo gleiche Ziele verfolgt werden, später nicht erwähnt und müssen unbekannt geblieben sein, da man auf Irrwege gelangte, die man in Anlehnung an Péclet's Messungen hätte vermeiden können. Ziemlich unbekannt scheinen auch Coulier's[1]) Messungen aus dem Jahr 1858 geblieben zu sein; er verglich die ungleiche Abkühlung von Messingcylindern, deren Umhüllung aus Baumwolle, Tuch u. dergl. bestand. 1869 veröffentlichte Krieger „Untersuchungen und Beobachtungen über die Entstehung von entzündlichen und fieberhaften Krankheiten", in welchen auch Mittheilungen über das „Wärmeleitungsvermögen" gebräuchlicher Gewebe zu finden sind. Diese Krieger-schen Untersuchungen haben die ausgedehnteste Verbreitung gefunden, weil sie — nach den in Deutschland nicht bekannt gewordenen Untersuchungen von Coulier — zum ersten Male die Frage der Kleidungshygiene in einer dem täglichen Leben anscheinend sehr angepassten Form zur Darstellung brachten.

Eine kleine fast unbeachtet gebliebene Arbeit rührt aus dem Stefan'schen Laboratorium von Schuhmeister[2]); er beschäftigte sich mit dem Leitungsvermögen der Grundstoffe. 1888 nahm Schuster[3]) die Krieger'sche Methode wieder auf und verbesserte dieselbe; er studirte die üblichen Gewebe des Handels. Aehnlich, nur mit ungenauerer Methodik, prüften Nocht[4]) und

1) Expér. sur les étoffes, qui servent à confectionner les vêtements militaires. Journ. de physiol., I, 1858.

2) Sitzungsbericht der kais. Akad. d. Wissensch., II. Abth., 1877.

3) Archiv f. Hyg., Bd. VIII.

4) Zeitschrift f. Hyg., Bd. V.

Hartmann[1]) gleichfalls Handelsgewebe. In neuester Zeit gibt Vesta[2]) eine neue Methode der Messung bekannt.

Das, was man mit diesen Messungen erstrebt hat, waren zumeist rein praktische Fragen. Krieger hat das Leitungsvermögen verschiedenartiger Handelsgewebe feststellen wollen, von Leinen, Seide, Flanell, Buxkin, Handschuhleder u. s. w. Nocht hat in derselben Art Unterkleiderstoffe, die neuerdings viel getragen werden, geprüft, und ähnliches Material hat auch Hartmann ausgewählt.

Die Schlussfolgerungen, zu welchen diese Experimente Veranlassung gaben, waren vielfach insoferne ganz falsch, als man das gefundene Wärmehaltungsvermögen gleich auf die Grundstoffe bezog und sagte, Wolle hat ein schlechteres Leitungsvermögen als Leinen u. s. w., weil Flanell ein anderes Wärmehaltungsvermögen als Hemdenstoff zeigte. Für die wissenschaftliche Erkenntnis der Kleidung haben diese Untersuchungen fast gar nichts zu Tage gefördert; es ist schon von Schuster betont worden, dass die Vernachlässigung der Dickenmessung den Resultaten die Möglichkeit weiterer Verwerthung entzieht.

Es hat also gerade in dem letzten Jahrzehnt an Arbeiten nicht gefehlt, welche namentlich auf der Basis der Coulier-Krieger-schen Methode die Wärmeleitung, behandelten; vielfach hielt man die Grundfragen, wie die hygienische Literatur zeigt, für ausreichend abgeschlossen. Die kritische und experimentelle Untersuchung Schuster's hat zu einer Klärung dahin geführt, dass man zur Zeit das Leitungsvermögen der Gewebe aus verschiedenen Grundstoffen bei gleicher Dicke der Stoffe für identisch hält. Das Leitungsvermögen der festen Stoffe soll mit dem der stagnirenden Luft identisch sein.

Die Tragweite dieser Schlüsse ist eine ungemein grosse. Während die dilettantisch geleiteten Kleiderreformbewegungen bestimmte, wie wir sagen dürfen, oft geradezu mystische, specifische Eigenthümlichkeiten der Grundstoffe als Basis ihrer Hypothesen betrachten, kommen die hygienischen Schlussfolgerungen

1) Archiv f. Hyg., XIV, 1892.

2) Di un nuovo metodo d'esame del potere termico delle stoffe, 1894.

zu dem Satz, dass hinsichtlich der Wärmeleitung der Grundstoff wohl ganz gleichgiltig sei.

Ist diese angeführte Meinung über das Leitungsvermögen der Kleidung richtig, so ist die Beurtheilung eines Gewebes in thermischer Hinsicht ungemein einfach; man braucht nur dessen Dicke zu messen, um zugleich über das Wärmehaltungsvermögen orientirt zu sein. Das Mischungsverhältnis zwischen Luft- und festen Stoffen, sowie der Grundstoffe, Wolle, Seide, Baumwolle wäre völlig belanglos.

Das eingehende Studium des ganzen vorliegenden Materials, der Methodik wie Schlussfolgerungen, haben mich veranlasst, die Frage, die heute völlig abgeschlossen erscheint, für eine durchaus offene zu halten, die einer eingehend erneuten Prüfung bedarf.

Ich habe schon vor einiger Zeit[1]) bei Besprechung des Wärmestrahlungsvermögens dargethan, dass die für thermische Fragen in der Hygiene zumeist angewandte Methodik zu ganz irrigen Schlüssen Veranlassung gegeben hat. Die veränderten Anschauungen über die Wärmestrahlung berühren aber sehr wesentlich auch viele Untersuchungen, die über das Leitungsvermögen angestellt worden sind; schon dieser Umstand konnte Veranlassung zur Neuaufnahme der Untersuchungen in dieser Hinsicht werden. Noch mehr aber veranlassten mich meine Experimente über den Aufbau der Kleidung, die Reform der Frage über das Leitungsvermögen der Stoffe und Gewebe in die Hand zu nehmen, dies umsomehr, als mich die kritische Betrachtung der vorliegenden Arbeiten durchweg in dem Gedanken bestärkte, dass man bis jetzt grösstentheils falsche Bahnen bei den Experimenten eingeschlagen hat. Die Schlüsse, welche man heute als Endergebnis der Forschung zieht, sind nur zulässig, wenn man in einseitiger Weise die Untersuchungsergebnisse gewisser Experimentatoren als irrig von der Betrachtung ausschliesst. Dies kann aber doch nur geschehen, wenn die kritische Analyse solcher Untersuchungen Fehler des Urtheils oder des Experimentes darlegt. Die von den einzelnen Experimentatoren erhaltenen Ergebnisse sind in Kurzem folgende.

1) Archiv f. Hyg., Bd. XVII, XVIII.

Die Versuche Rumford's, der in kleinen Gefässen die Kleidungsstoffe mit Thermometern einschloss und den erwärmten Apparat unter gleichen äusseren Bedingungen abkühlen liess, lehrten einen wesentlichen Unterschied des Leitungsvermögens der Materialien, sowohl nach ihrer Grundsubstanz als nach ihrer Bearbeitungsweise. Péclet und Forbes konnten sich von einer Verschiedenheit im Wärmeleitungsvermögen nicht überzeugen und sagen, das Leitungsvermögen aller Stoffe stimme mit dem Wärmeleitungsvermögen stagnirender Luft überein.

Die genannten Untersuchungen und diesbezüglichen Lehren sind in der hygienischen Literatur wesentlich durch Angaben von Krieger über die Wärmeleitung verschiedenartiger Bekleidungsstoffe verdrängt worden, deren Resultat dahin zusammengefasst werden konnte, dass die einzelnen Kleidungsstoffe sehr ungleich gute Wärmeleiter seien. Die Wirksamkeit eines Kleidungsstückes sollte im Wesentlichen durch seine Fähigkeit, Wärme zu leiten, bestimmt sein; so sagte man vom Leder, dass es die Wärme schlechter leite als die Leinwand und vom Winterbuxkin, dass er schlechter leite als das Leder u. s. w.

Coulier hat schon im Jahre 1858 einige Experimente, offenbar angeregt durch die Péclet'schen Untersuchungen, über das Wärmehaltungsvermögen von Kleidungsstoffen gemacht. Ein Messcylinder von 500 ccm Inhalt, mit Wasser von 50° gefüllt, wurde in ruhiger Luft an drei Seidenfäden aufgehängt. Ein Thermometer maass die Wassertemperatur. Es wurden die Abkühlungszeiten für 5° C. bestimmt, ausgehend von demselben Fixpunkt (40° bis 35°). Dieser Cylinder wurde theils blank, theils mit Stoffen bedeckt, der Abkühlung ausgesetzt. Die Abkühlung war rascher bei der Stoffbekleidung als bei unbedecktem Cylinder. Baumwolle und Tuchsorten miteinander verglichen, lassen eine langsamere Erkaltung bei letzteren wahrnehmen. Die Coulier'schen Versuche erscheinen offenbar in ihrer Methodik als Vorbild der ein Jahrzehnt später publicirten Untersuchungen von Krieger.

Während Péclet, Forbes, Krieger Kleidungsstoffe benützten und letzterer namentlich die specielle und specifische Wirkung der einzelnen Stoffe des Handels betonte, griff Schuhmeister wieder wie Rumford auf die Grundsubstanzen zurück und glaubte zeigen zu können, dass diese bis um das 37fache von dem Leitungsvermögen der Luft verschieden seien. Schuster hat in Versuchen, die ähnlich wie bei Krieger angestellt waren, sich dahin geäussert, dass wohl sehr erhebliche Differenzen im Wärmeleitungsvermögen, in ähnlichem Sinne wie Krieger angegeben, vorhanden seien, dass diese Differenzen aber verschwänden, sobald man die Dicke der Stoffe in Rechnung zöge. Bei gleicher Dicke leiteten alle Stoffe gleich gut; er kam sonach zu dem gleichen Ergebnis wie Péclet und Forbes.

Dort, wo also der Eine keinerlei Unterschied im Leitungsvermögen sieht, findet ein Anderer die grössten Differenzen. Die hygienische Literatur hat sich auf den namentlich von Schuster betonten Standpunkt gestellt, dass ein specifisches Wärmeleitungsvermögen der Kleidungsgrundstoffe nicht zu erweisen sei.

Schuster hat in seinen Besprechungen früherer Experimente betont, dass die abweichenden Angaben über ein eigenartiges Leitungsvermögen der Kleidungsstoffe dort sich finden, wo man die Rohstoffe untersucht hat und er ist also geneigt, eine wesentliche und principielle Unterscheidung zwischen Rohstoffen und den daraus gefertigten Geweben anzunehmen.

Ich glaube aber auf das Evidenteste nachweisen zu können, dass die Ursachen für die ungleichen Ergebnisse an anderer Stelle zu suchen sind, als man sie bisher suchte. Die Differenzen zwischen den Ergebnissen von Péclet, Forbes, Schuster u. A. einerseits, Rumford und Schuhmeister andererseits müssen gelöst werden. Die bisherigen Annahmen fügen den vielen dunklen Verhältnissen nur ein weiteres Räthsel hinzu. Wir ziehen aus den von physikalischer und hygienischer Seite vorliegenden Untersuchungen nur den einen Schluss, dass eine genaue Kenntnis über das Leitungsvermögen der Stoffe wie Gewebe mangelt, und dass die Neuaufnahme von Experimenten über das Leitungsvermögen nicht umgangen

werden kann. Die Lösung der Frage bildet einen Angelpunkt für die Bekleidungslehre. Sie wird uns endlich befähigen, in der unter Laien und Aerzten sich breit machenden Kleiderreformbewegung die Spreu von dem Weizen zu sondern.

Die Schuld an den bisherigen Misserfolgen auf diesem Gebiete trägt ein eigenartiger, in der Geschichte der experimentellen Hygiene uns mehrfach entgegentretender Umstand. In erster Linie verfolgten alle bisherigen hygienischen Untersuchungen ein »praktisches Ziel«: Die Begutachtung und Beurtheilung unserer im täglichen Leben benutzten Kleidungsstoffe. Man hat sich von Anfang an die Aufgabe gestellt, das Leitungsvermögen eines Wollflanells, Tricotstoffs, Seidenstoffs, Leders u. s. w. zu vergleichen. Diese Hast und Sucht nach dem praktischen Ergebnis hat nur dahin geführt, dass eine Unzahl von Messungen, für die jede weitere Verwendung fehlt, zusammengetragen wurden, und dass man eine Erklärung für die Ergebnisse nicht zu liefern vermochte.

Das ausschliessliche Ringen nach unmittelbar für das tägliche Leben verwerthbaren Ergebnissen bringt den Schaden mit sich, dass trotz der Fülle der Beobachtungen und Thatsachen, welche gesammelt werden, gerade die Feststellung des inneren Zusammenhangs der Erscheinungen, welche einer jungen Wissenschaft den Halt geben sollen, vollkommen unmöglich wird. So gewiss die Lösung von Fragen, welche das tägliche Leben betreffen, in den Rahmen der Hygiene unbedingt hineingehören, so irrig ist es, auf dieses praktische Ziel geradenwegs vorzustürmen, ohne sich klar zu machen, ob denn der Weg in der Luftlinie auch passirbar sei. Man darf sich also nicht wundern, wenn man in der Hygiene vielfach gezwungen wird, anscheinend von vorne anzufangen und systematisch aufzubauen, wo man vor kurzer Zeit noch endgiltig unterrichtet zu sein glaubte. Auf bacteriologischem und nichtbacteriologischem Gebiete gibt es Beispiele genug für diese überhastete Jagd; für die Kleidungsfrage werden die folgenden Betrachtungen die Verhältnisse näher darlegen.

Die Fehler, welche man gemacht hat, lassen sich wesentlich in zwei zusammenfassen. Die Beobachter sind sich nicht immer

klar darüber gewesen, was man denn unter Wärmeleitung zu verstehen habe, und welche Vorbedingungen zur Anstellung solcher Experimente gegeben sein müssen. Der zweite Fehler bestand in der Anwendung von Methoden, die zur Messung des Leitungsvermögens sich nicht eignen.

Ich werde im Einzelnen diese Anschauungen begründen.

Der Begriff des Wärmeleitungsvermögens.

Die nähere Betrachtung der Literatur über diesen Gegenstand zeigt, dass eine Uebereinstimmung zwischen den Ergebnissen der einzelnen Experimentatoren nicht gut zu Stande kommen konnte, weil dieselben unter Wärmeleitungsvermögen ganz heterogene Dinge zusammengefasst haben.

In der hygienischen Literatur wird unter Wärmeleitungsvermögen kurzweg die Fähigkeit irgend eines in dem Handel vorkommenden Stoffes verstanden, den Wärmeverlust eines damit umhüllten Körpers zu vermindern. So liest man z. B. von dem Wärmeleitungsvermögen des Flanells, von dem des Leders, der Tricotwolle, der Seide.

Ich will hier vorerst ganz davon absehen, dass die Ausführung mancher Methoden nicht immer die Wärmeleitung überhaupt richtig zu messen erlaubte. Die nach vorgenannter Definition erlangten Angaben über die Verzögerungen des Wärmeverlustes hat man unmittelbar als einen Anhaltspunkt für das Verhalten der Grundstoffe, welche ein Handelsgewebe zusammensetzten, genommen.

Die Versuchsresultate bei Flanell wurden als Eigenthümlichkeiten der „Wolle“, die bei Anwendung des Batistes als specifische Wirkung der Baumwolle aufgefasst.

In manchen Fällen hatte man gar nicht einmal darauf Bedacht genommen, dass die Kleidungsstoffe doch auch ungleich im Wärmestrahlungsvermögen sein können, sondern die Gesammtwärmeabgabe durch den Stoff hindurch als „Leitung“ betrachtet.

Schon Schuster hat betont, dass es nothwendig sei, doch auf die Dicke der Stoffe Bedacht zu nehmen, weil ja mit

zunehmender Dicke die Wärme haltende Wirkung eines Stoffes grösser wird. Dieser Einwand ist von späteren Beobachtern, wie Nocht und Hartmann, nicht weiter gewürdigt worden.

Schuster hat seine Messungen unter Angabe der Dicke der angewendeten Stoffe und Rechnungstellung derselben mitgetheilt. Es ist ihm aber damals doch ein Faktor, der auf den Wärmedurchgang nicht minderen Einfluss wie die Dicke übt, ganz entgangen — nämlich die ungleiche Dichte der Stoffe. Ueber die letzteren haben erst meine Untersuchungen eine nähere Auskunft ertheilt. Ich habe gezeigt, dass das specifische Gewicht der Kleidungsstoffe ein ungemein verschiedenes ist und zwischen 0,08—0,7 schwanken kann. Vorausgesetzt, man erachtet es etwa nicht als eine Prämisse, dass die Luft und feste Kleidungsstoffe gleich gut die Wärme leiten, muss man doch auf diesen Umstand, aus wie vielen Theilen fester Substanz und aus wie vielen Theilen Luft ein Gewebe besteht, unbedingt Rücksicht nehmen. Nur bei Gleicherhaltung der Raumerfüllung kann man hoffen das zu erfahren, was Eigenart des Gewebes und Eigenart des Grundstoffes ist.

Wärmeleitung kann man also nur messen, wenn die Dicke der Schicht bekannt, wenn die treibenden Kräfte für den Wärmeverlust dieselben bleiben, die Oberfläche und Oberflächenbeschaffenheit dieselbe und das Zeitintervall bekannt ist.

Die sonst sehr anerkennenswerthen Untersuchungen Schuster's erlauben aus dem eben angeführten Grunde überhaupt keinen Schluss nach der Richtung, ob die Grundstoffe ein anderes Leitungsvermögen als die Luft besitzen.

Wenn man auf Dicke, gleiche Bedingungen der Wärmeabgabe, gleiche Zeiten und Flächen geachtet hätte, so wäre es möglich gewesen, die in praxi vorkommenden Kleidungsstoffe — die Brauchbarkeit der Methode vorausgesetzt — nach ihrem Wärmeleitungsvermögen zu ordnen. Man würde erfahren, wie viel Wärme ein Flanell-, ein Tricotstoff, Leinen etc. leitet; aber man ist durchaus nicht berechtigt, wie es von einer Seite geschehen ist, aus Diesem Werthe für die Leitung abzuleiten, wie sich andere Flanelle, andere Tricots, Leinen etc. verhalten, oder

über den Einfluss der Natur des Grundstoffes auf die Wärmeleitung etwas auszusagen.

Für eine derartige Untersuchung muss man von dem Studium des physikalischen Aufbaues der Stoffe und Gewebe ausgehen. Man macht die Beobachtungen ja an Gemengen von festen Grundstoffen und von Luft; diese Gemenge können aber wie meine Versuche zuerst dargethan haben, ungemein verschieden sein.

Unter innerem Wärmeleitungsvermögen ist nach absolutem Maasse nur jene Wärmemenge zu verstehen, welche durch einen Körper oder eine Mischung solcher in einer bestimmten Zeit, durch eine bestimmte Fläche und Dicke der Schicht, bei einem bestimmten Temperaturintervall zweier Begrenzungsflächen hindurch wandert. Am häufigsten verwendet findet man als Einheiten die Sekunde, den Quadratcentimeter als Fläche, Centimeter als Dicke und eine Temperaturdifferenz von 1° C. Leider werden mehrfach auch andere Einheiten gewählt, was in der Literatur über die Wärmeleitung zu sehr erheblichen Verwechselungen geführt hat. Erwähnung verdienen noch die Péclet'schen Einheiten. Er berechnet seine Werthe auf den Quadratmeter, 1 m Dicke, 1 Stunde und 1° C. Temperaturdifferenz.

Wenn wir in Folgendem von Wärmeleitung sprechen, soll es ausschliesslich in dem eben definirten Sinne geschehen.

Schuster hat aus Beobachtungen, die er über den Wärmedurchtritt durch Stoffe gemacht hat, bei bekannter Dicke der Stoffe und bekannter Lufttemperatur abgeleitet, wie viel Wärme durch eine bestimmte Oberfläche in einer Zeiteinheit bei 1° Temperaturunterschied hindurchwandert; diese Wärmedurchgangs-Coëfficienten sind aber keineswegs identisch mit den «Leitungsconstanten». Sie enthalten im Vergleich zweier Stoffe untereinander zwei unbekannte Factoren die Wärmestrahlung und die nicht näher festzustellende Temperatur der äusseren Begrenzungsfläche, die selbstverständlich nicht um einen Grad niedriger sein kann wie die Temperatur der inneren Begrenzungsfläche. Die Durchgangs-Coëfficienten können erheblich von den wahren

Leitungsconstanten abweichen; man hat trotzdem die ersteren aber auch wieder mit den letzteren als direct vergleichbar angesehen. Wir betonen, dass dies nicht geschehen kann, wenn man nicht wieder neuen Confusionen Thür und Thor öffnen will.

Prüft man an der Hand der von uns aufgestellten Voraussetzungen, die gegeben sein müssen, wenn man das Leitungsvermögen eines Gewebes oder eines Grundstoffes relativ oder absolut messen will, die vorliegende Literatur, so scheiden die meisten Untersuchungen als solche aus, welche für die gestellte Frage gar nicht herangezogen werden können; so die Versuche von Krieger, Nocht, Hartmann; die Wärmedurchgangs-Coëfficienten Schuster's können nur als allgemeiner Ausdruck dafür angesehen werden, dass die Gewebe des Handels ein verschiedenes Wärmedurchgangsvermögen besitzen. Die Gründe der Verschiedenheit geben sie aber nicht zu erkennen.

Den Bedingungen, welche von vornherein an die Versuche zu stellen sind, haben nur die Experimente von Rumford und Schuhmeister, und zum Theil jene von Péclet genügt; letztere da, wo Grundstoffe geprüft wurden. Trotzdem sind auch diese Beobachter in ihren Ergebnissen nicht übereinstimmend. Ich werde die Lösung dieses Widerspruches später geben.

Das zweite Moment, welches der Lösung der Frage des Leitungsvermögens der Kleidung auf hygienischer Seite hindernd in dem Wege stand, war die unzureichende Genauigkeit der zur Messung angewandten Methoden, oder die unrichtige Anwendung exacter Methoden. Man glaubte mit der elementarsten Methode eine «für hygienische Zwecke zureichende» Genauigkeit zu erzielen. Die Messungsergebnisse behandelte man rechnerisch in elementarer Weise, wo verwickelte und complicirte Probleme vorlagen. Man erwartete grobe und markante Differenzen, obschon sich, nach der Feinheit unseres wärmeregulatorischen Apparates, durch unsere Sinnenwahrnehmung kleine Differenzen im Wärmehaltungsvermögen bestens beurtheilen lassen. Welche störende Momente sich bei den einzelnen Beobachtungsmethoden eingeschlichen haben, soll im Folgenden im Einzelnen betrachtet werden.

Kritische Betrachtungen über die hygienischen Methoden.

Die meisten, man darf fast sagen alle Untersuchungen von Geweben sind mittelst der von Coulier-Krieger angewandten Methode ausgeführt worden. Sie besteht darin, dass ein mit Wasser gefüllter hohler Messingcylinder mit Stoffen umkleidet und die Verzögerung der Abkühlung beobachtet wird. Letztere nimmt man im Verhältnis zur Abkühlungszeit des unbekleideten Cylinders als relatives Maass der Wärmehaltung.

Krieger hat das Verdienst, sich eingehend mit dieser Frage beschäftigt zu haben zu einer Zeit, wo man an die Messung der Wärmeabgabe des Menschen selbst noch nicht denken konnte, und die wesentlichen Thatsachen über die Wärmeregulation noch unbekannt waren. Die Versuche gaben einen anschaulichen und orientirenden Vergleich, der die Vorstellungen hinsichtlich der Rolle der Kleidung wesentlich unterstützen konnte. Leider hat man den Krieger'schen Apparat späterhin nicht mit der weisen Vorsicht gebraucht, die Krieger selbst angewandt hat. Die Einfachheit der Methode hat den ersten Aufgaben, welche sie zu lösen hatte, vollauf genügt.

Dem Apparate hängen eine Reihe technischer Unvollkommenheiten an, was Niemand Wunder nehmen wird, der weiss, dass diese Versuche nur mit den einfachen Hülfsmitteln zu Stande kamen, die einem praktischen Arzte an einem kleineren Orte zur Verfügung stehen. Schuster hat geltend gemacht, dass man mittelst eines Thermometers in dem mit Wasser gefüllten Metallcylinder ohne Mischung des Wassers eine richtige Mitteltemperatur nicht finden könne. Ich muss diesen Einwand für vollkommen berechtigt ansehen; man hätte sich die Erfahrungen Péclet's [1]) zu Nutze machen können, der durch allerlei sinnreiche Apparate den Fehler ungleicher Wassermischung eliminirte. Fehler entstehen nach Schuster auch durch Luftströmungen im Versuchsraume, die bis zu 10% betragen können.

Ganz und gar hat man bei allen Beobachtungen bis jetzt den Umstand ausser Auge gelassen, dass die Umhüllung der

1) l. c., IV. éd., p. 43.

Blechcylinder mit Kleiderstoffen an sich durch die Masse verzögernd auf den Wärmeverlust wirken kann. Wenn man viel Stoff verwendet, so hätte dessen Wasserwerth berücksichtigt, und mit Rücksicht auf das Temperaturgefälle in dem Stoff corrigirt, zum Wasserwerth des Apparats hinzugefügt werden müssen. Ich habe mich durch Schätzung dieser Grössen überzeugt, dass durch Vernachlässigung dieses Umstandes Fehler an der Gesammtwärmeabgabe um mehrere Procente entstehen können, welche für die Beurtheilung der relativen Beziehung der Stoffe untereinander ganz beträchtlich ins Gewicht fallen.

Man hat mehrfach bei Beobachtungen mit dem Krieger'schen Cylinder nicht bestimmte Abkühlungsgrenzen innegehalten, und die verschiedenen Abkühlungszeiten als Maassstab des Wärmeverlustes genommen, sondern die Zeiten gleich gehalten und die Abkühlungsgrenzen sich variiren lassen. Das erstere schon von Rumford, Péclet und Anderen geübte Verfahren ist unbedingt genauer, weil, dieselben Aussentemperaturen vorausgesetzt, die treibenden Kräfte für die Abkühlung die gleichen bleiben, während sie ungleich sind und nicht gleichmässig sich ändern, wenn bei dem einen Stoff die Temperaturerniedrigung gross, bei dem anderen gering wird.

Nach alledem dürfen wir annehmen, dass man bei Benutzung der Krieger'schen Methode, innerhalb der ihr gestellten Grenze der Wirksamkeit, die eben aufgeführten Verbesserungen nicht wird entbehren können, auch wenn man «nur» relative Werthe für Messungen erhalten will.

Die Verwendung, welche diese Krieger'sche Methode gefunden hat, ist eine sehr vielfältige gewesen. Krieger glaubte mit seiner Methode unter gewissen Voraussetzungen das «Leitungsvermögen» der Kleidungsstoffe finden zu können. Diejenige Wärmeverlustbehinderung, welche sich fand, wenn man nach Feststellung der Abkühlung mit einer Lage Stoff einen zweiten verwendete, nahm er als Ausdruck des Leitungsvermögens. Zwei Lagen wurden angewandt, um durch den Vorversuch mit einer Lage Stoff gewissermaassen die Strahlung zu eliminiren.

Krieger wollte unter Leitungsfähigkeit nichts weiter verstanden wissen als das Vermögen eines Stoffes, Wärme hindurchzulassen, nach Eliminirung des Einflusses der Strahlung. Er sagt bezüglich seiner Ergebnisse selbst: Selbstverständlich kommt es sehr auf die Dichtigkeit und Feinheit der Zeuge und auf die Art der Umkleidung an. Je straffer man bei der Umhüllung die Stoffe anzieht, desto geringere Werthe erhält man für die Wärmeleitung. Diese Bemerkungen Krieger's hat man aber glattweg vergessen, und Versuche, bei denen man nichts weiter prüfte als die Veränderung des Wärmeverlustes bei dem Auflegen von Flanells, Jägerstoffen u. s. w., werden als Anhaltspunkte für die Wärmeleitung hingenommen. Diese Versuche sind aber, wie ich schon bemerkte, zu weiteren Schlüssen nicht zu verwerthen.

Auch die Ergebnisse von Krieger selbst hätte man am besten nicht als Experimente betreffend das Leitungsvermögen angesehen, denn es fehlt ja ganz an den Voraussetzungen zur Ableitung, um diese in Procenten des Gesammtverlustes ausgedrückte Behinderung des Wärmeverlustes auch nur als einen relativen Maassstab für das Leitungsvermögen zu benützen, weil, von anderen Dingen abgesehen, doch mindestens die ungleiche Dicke der verschiedenen Stoffe hätte in Betracht gezogen werden müssen.

Wer wird sich heute wundern, dass ein Flanell weniger Wärme durchlässt als ein dünner Seidenstoff, wenn der erstere vielleicht 30mal so dick ist wie letzterer. Wir wissen also auf Grund dieser Versuche nichts darüber, ob wirklich zwischen verschiedenen Grundstoffen oder zwischen verschiedenen Geweben desselben Grundstoffes Verschiedenheiten im Leitungsvermögen vorhanden sind oder nicht. Dazu hätte man ausser der Dicke der Stoffe, auch noch Dichtigkeit und manche andere Bedingungen vorher kennen müssen.

Die Dicke der Stoffe spielt bei allen derartigen Untersuchungen eine zweifache Rolle; würde man Kleidungsstoffe haben von doppelter Dicke, umschlossen von Räumen von gleicher Temperaturdifferenz, so würde ganz unbedingt die doppelte Dicke

dem halben Wärmeverlust entsprechen. Bei freier Ausstrahlung herrscht aber nicht dies einfache Gesetz, sondern, wie ich gezeigt habe, mindern die ersten dünnen Lagen den Wärmeverlust weit mehr wie die dickeren Lagen eines Stoffes. Dies erlaubt also auch nicht die Gewinnung unbedingt verwerthbarer relativer Werthe zwischen zwei Stoffen.

Die Zahlen von Krieger, insoweit dieselben angeben, um wie viel durch einen bestimmten Stoff der »Wärmeverlust« behindert werde, sind für die Fragen der praktischen Bekleidung nicht zu verwerthen. Hätte man z. B. für einen Unterkleidungsstoff ermittelt, um wie viel der Messingcylinder im Wärmeverlust behindert werde, so darf man nicht etwa glauben, dass der Stoff, unter einem Andern getragen, wirklich diese Wärmesparung geben werde. Das Gesetz der Abnahme des Wärmeverlustes mit zunehmender Dicke folgt anderen Zahlen[1]).

Man hat bei derartigen Bestimmungen der Reihenfolge des sogenannten Wärmeleitungsvermögens nichts anderes erfahren und beobachtet als den Einfluss, den die ungleiche Dicke der Stoffe auf den Wärmedurchgang übt.

Es ist aber überhaupt fraglich, ob die von Krieger benützte Anwendungsweise des Apparats etwa unter Rücksichtnahme auf die Dicke der Stoffe weiterhin zu empfehlen sei. Von Schuster wird betont, dass bei dem Vorversuch von Krieger die Wärme abgebenden Flächen Metall, Luft, Stoff seien, bei dem zweiten daran anzuschliessenden aber Metall, Luft, Stoff, Luft, Stoff. Sonach ist beim zweiten Experiment eine Luftschicht mehr dazwischen, die zu Gunsten des Leitungsvermögens in Anrechnung kommt. Wichtiger noch würde ein Einwand sein, der sich aus meinen Untersuchungen über den Wärmedurchtritt in Abhängigkeit von der Dicke der Stoffe ergeben hat. Die praktische Wirkung eines Stoffes, den man unter einen andern legt, ist von der Art und Menge der über ihm lagernden Schicht abhängig. Je nachdem man also nach dem Krieger'schen Verfahren einen dicken oder dünnen Stoff prüft,

1) Archiv f. Hygiene, Bd. XVI, pg. 313.

würde man bei dem »Leitungsvermögen« auch nach Reduction auf gleiche Dicke, einen Einfluss der letzteren auf das Experiment zu fürchten haben, der den Versuchen jede praktische Tragweite nimmt.

Es scheint mir unwichtig, des Weiteren noch darüber zu berathen, wie kleinen Mängeln dieser Methodik abzuhelfen sei, nachdem ich gezeigt habe, welche Schwierigkeiten überhaupt der Verwerthung der Resultate entgegenstehen, selbst wenn die Methodik an sich völlig richtige Ergebnisse liefern würde. Es wäre endlich an der Zeit, dass man den Stimmen Gehör gäbe, welche von der Benützung unzureichender Methoden abrathen; auch zur »praktischen Beurtheilung« der Kleidung reichen Methoden, die nur Näherungswerthe geben, nicht hin.

Physikalische Experimente über das Wärmeleitungsvermögen.

An Versuchen von physikalischer Seite, das relative wie das absolute Leitungsvermögen der Kleidung zu bestimmen, fehlt es nicht. Zumeist hat man bei solchen Experimenten nur Kleidungsrohstoffe benützt. Eine sehr beachtenswerthe Untersuchung rührt von Rumford [1]) her, die, wie ich meine, viel zu sehr in Vergessenheit gerathen ist. Seine Versuche beschreibt er folgendermaassen:

«Ein Quecksilber-Thermometer, dessen Kugel gegen $^{55}/_{100}$ eines Zolles im Diameter hatte, und dessen Länge 10 Zoll betrug, wurde an der Achse einer cylindrischen Glasröhe, die $^{3}/_{4}$ Zoll im Diameter hielt, und in einem Glasball $1^{6}/_{10}$ Zoll im Diameter endigte, so gehängt, dass das Centrum der Thermometerkugel mit dem Centrum des Glasballes coincidirte; hierauf wurde der Raum zwischen der inneren Fläche des Glasballes und der Thermometerkugel mit der Substanz, deren wärmeleitende Kraft man bestimmen wollte, angefüllt, das Instrument in kochendem Wasser erhitzt und dann in eine gefrierende

1) a. a. O., s. auch Benj. Graf v. Rumford's kleine Schriften, II. Band, Weimar 1800.

Mischung von Eis und Wasser getaucht, wobei dann die Zeiten der Abkühlung beobachtet und angemerkt wurden». [1])

»Das Thermoter wurde aus der cylindrischen Röhre herausgenommen und der Glasball zu $^{2}/_{3}$ mit der zu untersuchenden Substanz angefüllt, worauf dann die Thermometerkugel einige Zoll weit in die cylindrische Röhre geschoben und der Rest der Substanz um die Thermometerröhre herumgelegt wurde». [2]) Er füllte mit einem Messingdraht durch ein Loch im Korkstöpsel des Apparates nach. Er nennt das ganze Instrument ein Passagethermometer.

In fast allen Versuchen erhitzte er über 70° Réaumur, liess in Luft genau auf 70° abkühlen, und steckte, sowie 70° erreicht waren, das Instrument in die Eismischung und beobachtete die Abkühlung bis 10° Réaumur[3]); das Instrument wurde beständig in der Eiswassermischung bewegt.

Rumford fand wesentlich verschiedene Abkühlungszeiten, je nach der Füllung seiner Instrumente. In allen Fällen verwandte er genau 16 Gran Substanz. Diese waren rohe Seide, «wie sie der Wurm spinnt», Schafwolle, Baumwolle, Leinenzeug (Charpie sehr feiner irländischer Leinwand), Biberhaare, weisse russische Hasenhaare, Eiderdaunen. Die Controlversuche stimmen sehr gut überein. Er fand erhebliche Unterschiede in der Erkaltung; bei

Luft	576″
roher Seide	1284″
Schafwolle	1118″
Baumwolle	1046″
Leinen	1032″
Biberhaare	1296″
Hasenhaare	1315″
Eiderdaunen	1305″

Dass auch die Dichte der Füllung einen Einfluss übe, bewies er mit Eiderdaunen, wobei er einmal 16, ein andermal 32,

1) a. a. O., S. 307.
2) a. a. O., S. 308.
3) a. a. O, S. 311.

dann 64 Gran in den Raum stopfte und 1304", 1472", 1615" als Abkühlungszeiten fand. Der für die Stoffe bleibende Hohlraum maass 2,057 Cubikzoll; die 16 Gran Stoffe ergeben rund 0,019 spec. Gewicht der Füllung. Die letzte war also ungemein locker.

Wenn auch manche kleine Bedenken gegen Rumford's Methodik geltend gemacht werden können, so ist doch in dem Experiment der Beweis geglückt, dass die Stoffe besser leiten müssen als die Luft. Auf die Erklärungsversuche Rumford's freilich haben wir nicht näher einzugehen.

Rumford's Angaben sind in die spätere Literatur so unvollständig übergegangen, dass man vermuthen darf, die Originalarbeiten seien nicht die Basis der Berichte gewesen. Sie sind aber des Studiums werth, und man hätte manchen Fingerzeig für den richtigen Weg eines Experiments in ihnen finden können. Die Methode Rumford's hat in ihrer ursprünglichen Form keinen Eingang gefunden.

Mit grosser technischer Fertigkeit hat Péclet lange vor Coulier und Krieger neue Methoden zur Messung der Wärmeleitung angegeben; seine Vorgänger auf diesem Gebiete werden kaum erwähnt. Er hat sich zweier Methoden bedient. Die eine bestand darin, dass er die Erkaltung einer mit Wasser gefüllten Kugel, die von einem Hohlraum umgeben war, untersuchte. Leer lieferte der Apparat das Leitungsvermögen der Luft; im anderen Falle wurde der Hohlraum mit der zu untersuchenden Substanz gefüllt. Dieser ganze Apparat war wieder in toto in Wasser von bekannter Temperatur versenkt.

Péclet hat zum ersten Male auf die Schwierigkeiten, die sich solchen Experimenten entgegenstellen, aufmerksam gemacht. Man vergleiche die Sorgfalt der Construction mit den primitiven Einrichtungen auf hygienischer Seite, obschon die Genauigkeit der Resultate in beiden Fällen dieselbe sein musste.

Eine der Hauptschwierigkeiten, die Péclet aber überwinden lehrte, bestand darin, dass sich beim Einsenken eines erkaltenden Körpers in ruhendes Wasser eine ruhende Wasserschicht von

1) Traité de la chaleur, J. ed., T. III, p. 454.

höherer Temperatur als der mittleren thermometrisch zu messenden Wassertemperatur entspricht, festlegt, welche durch einen Mischapparat förmlich abgebürstet werden muss, eine Beobachtung, die späterhin von Winkelmann bei seinen Versuchen über das Wärmeleitungsvermögen von Flüssigkeiten auch angeführt wird.

Die innen wasserhaltende Kupferkugel wurde gleichfalls mit einem Mischer versehen, und bei der Berechnung nicht allein auf diese Wasserfüllung, sondern auch auf den Wasserwerth der zu untersuchenden Substanz geachtet.

Es ist merkwürdig, dass diese bereits zu Ende der fünfziger Jahre ausgeführten Versuche, was ihre Methodik anlangt, so wenig beachtet und für die Untersuchung von Kleidungsstoffen gar nicht verwerthet wurden.

Die Ergebnisse der Versuche, bei denen u. a. der Hohlraum mit verschiedenen Baumwollwattemengen gefüllt wurde, und trotzdem das Leitungsvermögen als gleich sich ergab, widersprach den Experimenten Rumford's. Ich werde später beweisen, wo hier der Fehler gelegen hat. Die Methode erfordert ziemlich theuere Apparate und ist umständlich.

Noch complicirter bis zur Erzielung eines definitiven Resultats ist die zweite Methode Péclets. Ein Raum wird auf 100° durch Dampf geheizt. Er ist an einer Stelle begrenzt von der wärmeleitenden Substanz. Die übrigen Stellen sind durch Isolatoren vor dem Wärmeverlust geschützt. Die äussere Begrenzung der zu untersuchenden Substanz wird durch ein Glas oder Papier gebildet und mittelst Thermoelement die Temperatur dieser Fläche gemessen, und da Péclet durch andere Versuche den Wärmeverlust durch Papier auf dem Wege der Strahlung und Luftberührung kennt, so berechnete er z. B. aus der Papier-Temperatur den Wärmedurchgang durch die bekannte Dicke der zu untersuchenden Substanz für die gemessene Fläche und die beobachtete Temperatur-Differenz. Die Methodik dürfte sich kaum empfehlen, da die Messung des Durchganges von Wärme zu sehr von der genauen Bestimmung der Temperatur der Papieroberfläche abhängig ist.

Die Schlussfolgerungen Péclet's, denen später Forbes beigetreten ist, gehen dahin, dass die verschiedenen von ihm geprüften Bekleidungsstoffe alle gleich gut die Wärme leiteten. Im Zusammenhang mit seinen nach der ersten Methode erhaltenen Resultaten kam er zu dem Schluss, das Wärmeleitungsvermögen der Kleidung sei unabhängig von der Dichte der Stoffe. Luft und Kleidungsstoff leiten die Wärme gleich schlecht. Grundstoffe und Gewebe zeigen keine Differenz.

Man hat diese Sätze von Anfang an auch so formulirt, dass man sagte, das Leitungsvermögen der Kleidung ist der stagnirenden Luft völlig gleich.

Durch physikalische Untersuchungen hat man in der Folgezeit einen näheren Einblick in das Leitungsvermögen von Gasen, Flüssigkeiten und festen Stoffen erlangt.

Die Schlussfolgerungen Péclet's und Forbes bezüglich gleicher Leitungsfähigkeit der festen Kleidungsstoffe mit stagnirender Luft anzunehmen, hat man mehrfach Bedenken getragen. Das ausserordentlich geringe Wärmeleitungsvermögen der Luft ist lange schon bekannt. Man war früher sogar zweifelhaft, ob die Gase überhaupt, ausser durch Strömungen Wärme durch sich hindurch gehen liessen. Seitdem jedoch Magnus[1]) gezeigt hatte, dass unmöglich diesem Faktor allein der Wärmedurchtritt durch Gasschichten zugemessen werden könne, haben sich Methoden gefunden, mit Hilfe deren das Leitungsvermögen von Gasen numerisch auszudrücken war, unter Ausschluss der Leitung von Wärmeströmungen.

Stefan[2]), der genauere Angaben machte, benützte zur Bestimmung der Leitungsfähigkeit eine sehr einfache Versuchsanordnung. Das Gas befand sich zwischen dem Hohlraum zweier Cylinder, die übereinandergestülpt waren; der Hohlraum des inneren Cylinders war mit einer Glasröhre verbunden, die luftdicht eingefügt war. Der Apparat wurde erwärmt und dann abkühlen gelassen, wobei Quecksilber in der vorgenannten Röhre

1) Magnus, Poggendorf's Annalen, Bd. CXII.
2) Stefan, Wiener Berichte, Bd. LXV.

aufstieg. Diese Steighöhe diente als Maass der Abkühlung. Der innere Cylinder war demnach nichts weiter als ein der Versuchsanordnung angepasstes Luftthermometer. Stefan nahm an, dass der von dem inneren zu dem äusseren Cylinder gehende Wärmestrom bei der Enge der Hohlräume wesentlich bzw. ausschliesslich durch Wärmeleitung erfolge, indess der Strahlung eine messbare Einwirkung auf die Abkühlung nicht zukomme. Die Versuche von Stefan haben später eine kleine Correction erhalten müssen, und sind von Kundt und Warburg durch die Abkühlung von Thermometern in Räumen mit niedrigem Gasdruck auf anderem Wege controlirt worden. Nimmt der Gasdruck bis auf 50 mm ab, so kann von dieser Grenze ab der Wärmeverlust durch Strömungen als verschwindend klein betrachtet werden.

Legt man die Einheiten von Forbes[1]), d. h. die Wärmeeinheiten, welche in einer Secunde durch 1 qcm und durch eine Dicke von 1 cm, wenn deren Begrenzungsflächen um 1° verschieden sind, hindurchgehen, als Wärmeleitungs-Coëfficienten zu Grunde, so ist nach Neumann[2]) das Leitungsvermögen des Kupfers = 1,108 und das der Luft nach Winkelmann[3]) = 0,0000525, also ersteres über 20000mal kleiner wie letzteres.

Das Stefan'sche Calorimeter hat zur Bestätigung einer interessanten Voraussage auf physikalischem Gebiete geführt. Maxwell hat aus gewissen Beobachtungen vorausgesagt, dass das Leitungsvermögen der Luft etwa 3500mal geringer sein müsste als Eisen. Stefan fand mittelst seines Apparates diese Berechnung durch die Messung vollkommen bestätigt, indem seine Werthe eine 3400mal kleinere Wärmeleitung der Luft gegenüber Eisen ergaben.

Der Stefan'sche Apparat ist späterhin zur Messung des Wärmeleitungsvermögens der Flüssigkeiten und durch Schuhmeister[4]) zur Bestimmung des Leitungsvermögens der in den

1) Wüllner, Bd. III, S. 297.

2) a. a. O., S. 299.

3) a. a. O. S. 342.

4) Sitzungsberichte der kais. Akad. d. Wissenschaften in Wien, 1877, Bd. 76, 2. Abth., S. 283.

Hohlraum gebrachten Kleidungsgrundstoffe benützt worden. Wenn man will, so kann man diese Versuchsanordnung in gewissem Sinne als eine Wiederholung der Rumford'schen Experimente auffassen. Rumford hatte in die Kleidungsstoffe einen Thermometer gesenkt und die Abkühlung notirt, bei Schuhmeister waren die Kleidungsstoffe gewissermaassen um das Luftthermometer, welches durch den inneren Cylinder dargestellt wurde, befestigt; eine Anordnung, welche naturgemäss Rumford's Experiment erheblich an Feinheit übertreffen musste.

Die Ergebnisse Schuhmeister's, die nur in relativen Zahlen mitgetheilt werden, führten dahin, ein erheblich grösseres Leitungsvermögen für die Kleidungsstoffe gegenüber der Luft anzunehmen.

Die Luft = 1 gesetzt wäre:

das specifische Leitungsvermögen der Seide .	= 11
der Schafwolle	= 13
der Baumwolle	= 37

Legt man Winkelmann's Werthe für Luft = 1 zu Grunde, so müssten die absoluten Werthe etwa lauten:

Luft	0,0000525
Seide	0,0005775
Schafwolle	0,0006825
Baumwolle	0,0019425

An diesen Werthen fällt die ungemein grosse Verschiedenheit auf, und namentlich die Werthe für Baumwolle sind so bedeutend, dass sie sogar das Leitungsvermögen des Wassers mit $k = 0{,}00124 - 0{,}00155$ noch erheblich übertreffen. [1]) Diese Ergebnisse haben zu einigem Zweifel über die Richtigkeit der Relation zwischen Luft und den genannten festen Stoffen Veranlassung gegeben. Die Schuhmeister'schen Untersuchungen haben im Grossen und Ganzen keinen Eindruck in der hygienischen Literatur hinterlassen; man betrachtete sie im ganzen als Curiosa.

1) Wüllner, Bd. III, S. 326.

Also auch, wenn man die nach dem Coulier-Krieger'schen Abkühlungsverfahren gemachten Versuche bei Seite lässt, und nur die durch hervorragende Physiker erhaltenen Ergebnisse vergleicht, kommt man keineswegs zu gleichartigen Schlussfolgerungen, sondern zu solchen, die sich diametral entgegenstehen.

Die Incongruenz der Versuche von Rumford und Schuhmeister einerseits, Péclet und Forbes andererseits sucht Schuster[1]) dadurch zu erklären, dass bei den letzteren vermuthlich Luftströmungen in den Apparaten den Leitungswerth für Luft haben zu gross werden lassen, wodurch dann der Unterschied zwischen Wärmeleitungsvermögen der Grundstoffe und Luft verdeckt worden ist. Dies kann aber die einzige Ursache etwaiger Unterschiede nicht sein; denn auch bei Rumford und Schuhmeister war ja Luft in den Apparaten mit eingeschlossen. Man muss sich aber hüten, diesen Einfluss des Wärmetransports durch Luft zu überschätzen, und ihn etwa da zu vermuthen, wo Differenzen um ein Mehrfaches in Frage kommen. Der Wärmeverlust durch Convection wächst mit der Grösse des Luftraumes.[2]) Der Antheil, den solche Störungen an den Resultaten von Messungen nehmen können, ist von Winkelmann näher dargelegt worden; er hat bei den Stefan'schen Versuchen über die Wärmeleitung von Gasen gezeigt, inwieweit er auf das Schlussergebniss der Rechnung Einfluss übt.

Was also bis jetzt die physikalischen Methoden der Untersuchung der Rohstoffe gelehrt haben, ist nichts Einheitliches, aber es ist noch der alleinige Weg, auf dem ein Resultat zu hoffen ist, wenn wir uns entschliessen, mit unseren Untersuchungen ab ovo wieder anzufangen. Es schien mir dieser Gedanke nur wenig erfreulich, ich habe aber den Entschluss, von vorne zu beginnen, nie zu bereuen gehabt. Mit den verschiedenartigsten Methoden die Materie behandelnd, haben mich alle Beobachtungen zu einem einheitlichen Resultate geführt, welches

1) a. a. O., S. 46.
2) Wüllner, Bd. III, S. 335.

zwar ganz und gar von den heute in Geltung befindlichen Anschauungen abweicht, aber über den Beweis, wo die Wahrheit liegt, keinen Zweifel lässt.

Der Weg, den wir im Folgenden zurückzulegen haben, ist ein weiter und mühsamer, und anfänglich war ich des öfteren nahe daran, die einmal in Angriff genommenen Experimente wieder ruhen zu lassen. Erst allmählich gewann ich die Ueberzeugung, dass auch hier nur consequenteste Arbeit zum Ziele führt.

Im Nachstehenden findet nicht alles Material Platz, das ich gewonnen habe; vielfach musste ich die Ergebnisse von Methoden, die sich späterhin als nicht scharf genug herausgestellt hatten, vollkommen preisgeben.

Der Plan, den ich in Folgendem bei den Experimenten verfolgt habe, war folgender:

In erster Linie sollte erwiesen werden, ob die Grundstoffe unserer Kleidung ein von der Luft verschiedenes Leitungsvermögen haben oder nicht; falls sich dies erweisen liess, sollte geprüft werden, ob specifische Unterschiede vorhanden sind.

Nach Aufdeckung dieser Verhältnisse sollte dann auf das Verhalten der Gewebe des Handels übergegangen werden.

Meine Messungen über das Wärmeleitungsvermögen der Kleidungsstoffe sind nach sehr verschiedenen Methoden gemacht worden, damit Einflüsse der letzteren auf das Resultat thunlichst eliminirt werden können. Ich will die Experimente nicht nach ihrer zeitlichen Folge ordnen, sondern nach den Methoden, und wie sie sich nach der Fragestellung am besten gruppiren. Die erste Gruppe vom Versuche umfasst die Beobachtungen mit dem Stefan'schen Calorimeter, die zweite Gruppe Beobachtungen mittelst eines von mir für diese Zwecke construirten Durchströmungsapparates, die dritte Gruppe Bestimmungen mittelst der Thermosäule [1]).

Als ich mich vor nunmehr sieben Jahren mit diesem Theile der Bekleidungslehre zu befassen begann, hatte ich noch nicht

1) S. später Luftbewegung und Wärmedurchgang.

geahnt, welche Ausdehnung die Experimente annehmen müssten. um wenigstens in grossen Zügen ein richtiges Bild der Verhältnisse zu geben.

Wir werden erst im Verlaufe dieser Abhandlung ersehen, welch' ungeheures Gebiet uns bisher verschlossen gewesen ist, und welche Fülle von neuen Thatsachen uns eine Erklärung und Verständnis der Functionen der Kleidung schaffen helfen. Ich habe mich aber bemüht, die Einzelheiten zu allgemeinen Schlüssen zu verwerthen, welche ihrerseits die Uebersichtlichkeit zu heben im Stande sind.

Wie so vielfach, sind es wesentlich Aenderungen in der Methode, welche schliesslich den neuen Weg gebahnt und für die späteren Bearbeiter geebnet haben.

Neue Experimente über das Wärmeleitungsvermögen der Grundstoffe.

Von den nach physikalischen Methoden vorgenommenen Messungen fesselten am meisten die Messungen von Rumford und jene von Schuhmeister mein Interesse; hier schien der Weg, auf dem man am sichersten durch ein übersichtlich angeordnetes Experiment zu einem Resultate gelangen konnte. Freilich lagen gerade die Ergebnisse beider Beobachter am weitesten von unserer heutigen hygienischen Vorstellung abseits. Eine Aufnahme und Wiederholung des Schuhmeister'schen Experiments war aus verschiedenartigen Gründen erwünscht. Zum Theil mussten die grossen Unterschiede, welche er im Leitungsvermögen der Grundstoffe vermuthet, zu einer weiteren Forschung anspornen, dann aber auch der Umstand, dass sich bei näherer Betrachtung des Experiments doch Zweifel aufdrängten, ob die gefundenen Zahlen ausreichend begründet sind, um derartige weittragende Schlüsse zu ziehen.

a) Versuche mit dem Stefan'schen Calorimeter.

Schuhmeister's Untersuchungen sind aus rein äusserlichen Gründen nicht zu genügender Anerkennung gekommen; er hat seiner Abhandlung über das Leitungsvermögen der Rohstoffe einen so kleinen Raum gegönnt, dass wesentliche Punkte,

welche für solche Messungen von entscheidender Bedeutung sind, gar nicht berührt sind.

Die Methodik ist anscheinend ausserordentlich einfach, sie führt aber nur unter ganz bestimmten Voraussetzungen, die sich durchaus nicht alle von selbst verstehen, zu einem brauchbaren Resultat.

Das Stefan'sche Calorimeter besteht aus zwei ineinander steckenden Metallcylindern, welche thermisch gut von einander isolirt sind. Der Innencylinder ist mit einem Glasrohr verbunden, das durch eine U-förmige Krümmung nach abwärts gebogen, als Steigeröhre für eine Flüssigkeit dient. Diese Glasröhre geht in ihrem aufsteigenden Schenkel, der den Innencylinder trägt, durch einen Kork, der in einer Oeffnung des Aussencylinders gut eingepasst wird. Dieser Innencylinder dient als Luftthermometer. In den Hohlraum zwischen beide Cylinder bringt man Luft, ein anderes Gas, Watte, Wolle u. s. w.

Man lässt zuerst das Calorimeter sich auf eine bestimmte Temperatur einstellen[1]), bringt es in Eiswasser und beobachtet die Steighöhe einer Flüssigkeit, z. B. Quecksilber, in welches man die Steigröhre getaucht hat.

Nicht ohne Bedeutung für alle Beobachtungen und Berechnungen sind die Dimensionen des Apparats. Die bis jetzt angewandten Calorimeter sind alle sehr klein gewesen. Es liegen bis jetzt keine Erfahrungen vor, in wie weit man in der Wahl des Apparats willkührlich verfahren kann. Ich komme daher später auf diesen Punkt zurück.

Der Apparat, dessen sich Stefan [2]) bedient hatte, hatte einen inneren Radius des äusseren Cylinders von 2,09 cm (4,2 cm Durchmesser), der innere Cylinder 6,88 cm Höhe und der Abstand beider betrug 0,23 cm. Das Gewicht des Kupfercylinders war 59,65 g; ein anderer aus Messing hatte als inneren Radius des äusseren Cylinders 1,94 cm, Höhe des inneren Cylinders 6 cm, Abstand beider 0,24 und Gewicht des inneren Cylinders 30,38 g.

1) Wassergefäss bei Zimmertemperatur.

2) Stefan, Wiener Berichte, Bd. LXV, S. 45.

Für die Bestimmung des Leitungsvermögens von Flüssigkeiten hat Winkelmann einem Apparate, der aus Messing gefertigt war, etwas andere Dimensionen gegeben. Der eine hatte in seinem inneren Cylinder als Höhe 6,0 cm, als Radius 1,52 und als Abstand 0,20, der gröste von ihm angewandte hatte 8,89 cm Höhe bei 1,5 Radius und 0,49 cm Abstand. Das Messinggewicht betrug im ersten Falle 74,7, im letzteren = 163,3 g.

Schuhmeister wählte folgende Dimensionen:

Innerer Cylinder:	6,4 cm Höhe,	3,65 cm	Durchmesser
Aeusserer Cylinder:	7,2 „ „	4,45 „	„

Der Zwischenraum betrug also allseitig 0,4 cm.

Da im Allgemeinen von Schuhmeister auf die Stefan'schen Untersuchungen verwiesen wird, so wird anzunehmen sein, dass er wie dieser zuerst den Apparat bei Zimmertemperatur sich in das Wärmegleichgewicht stellen liess und ihn dann in Eiswasser tauchte. Dafür sprechen auch die beobachteten Steighöhen. Als Sperrflüssigkeit hat Quecksilber gedient.

Die Steighöhen werden in kurzen Intervallen gemessen, die Zeit notirt und schliesslich bis zum vollen Ausgleich der Temperatur gewartet. Veränderungen des Barometerdrucks müssen notirt und in Rechnung gezogen werden.

Für die in der Zeiteinheit (Secunde) erreichte Steighöhe, welche aus später zu erörternden Gründen mit $\beta \log e$ bezeichnet werden mag, erhält man einen Werth (Constante) nach der Gleichung:

$$\beta \log e = \frac{(\log h_1 - h) - (\log h_1 - h')}{t' - t}$$

worin h, h_1, h' die Steighöhen des Quecksilbers zu den Zeiten t, t' und ∞ darstellen.

Geht man von einem anderen als dem 0-Punkt der Skala aus, so zieht man diesen Werth von den übrigen ab.

Diese Constante $\beta \log e$ hat Schuhmeister unmittelbar als Maass des Wärmeleitungsvermögens genommen. In allen Versuchen muss eine genau bekannte Menge von Stoff in gleichmässiger Anordnung in den Hohlraum des Cylinders gebracht werden. Die Werthe $\beta \log e$ sind analoge Ausdrücke für das

Leitungsvermögen, wie die Zeitangaben Rumford's über die Abkühlung seiner mit Rohstoffen gefüllten Gefässe. Nur insoweit als aus diesen Constanten (β log e) abgeleitet wird, um viel ein Luftstoffgemenge Wärme besser leitet als Luft allein, kann man die Schuhmeister'schen Versuche, was man übersehen zu haben scheint, in Parallele zu anderen Experimenten stellen.

Er fand, dass, wenn der Hohlraum des Calorimeters 1,85 g Baumwolle enthielt (= 45,1 ccm Fassungsraum), die Leitung zur Luft wie 1 : 1,34 sich verhielt, bei 6,56 g Füllung wie 1 : 2,1.

Die bekannten anderen Angaben Schuhmeister's, Seide leite 11 mal, Wolle 12 mal, Baumwolle 37 mal so gut wie Luft, sind durch Rechnung abgeleitet und gelten nur für die compacte Substanz. Man muss diese Rechenergebnisse für sich betrachten.

Die obigen Angaben Schuhmeister's über das relative Leitungsvermögen zwischen Luft und Stoffluftgemischen, weichen, davon habe ich mich durch Rechnung überzeugt, von den Rumford'schen Versuchen ab, jedoch nicht erheblich.

Nach den vielen Beobachtungen, die ich mit dem Stefan'schen Calorimeter selbst ausgeführt habe, konnte ich mich nicht ohne weiteres entschliessen, die Ergebnisse Schuhmeister's zu acceptiren. Er hält ja selbst seine Zahlen nur für Nährungswerthe. Meine Gründe sind folgende:

Die Zahl der Versuche, welche ausgeführt worden sind, ist zu klein. Am Sichersten scheint das Leitungsvermögen der Baumwolle festgestellt, für welche fünf Vergleichungen mit Luft vorliegen. Seide ist nur zwei Mal untersucht und Schafwolle ein einziges Mal mit Luft verglichen. Die Vergleiche mit Wasserstoff bieten zwar eine gewisse Controlle; doch ist die Sicherheit nicht zureichend, um weittragende Schlüsse zu ziehen. Abweichungen im Resultat um wenige Procente, die man unter den betreffenden Verhältnissen gewärtigen muss, machen sich bei dem Umstande, dass die Füllung des Calorimeters zum grössten Theil aus Luft, zum kleinsten Theil aus fester Substanz besteht, sehr bemerkbar, wenn man Schlüsse auf das specifische Leitungsvermögen der Grundsubstanzen ziehen will. Aus den Schuh-

meister'schen Versuchen kann man auch gar nicht ableiten, ob denn die von ihm gefundenen Differenzen überhaupt typische sind. Wer beweist, dass die eine Sorte Baumwolle, die eine Sorte Seide und eine Sorte Wolle, die er verwendet hat, wirklich richtige Verhältniszahlen geben?

Die Schuhmeister'schen Zahlen gehen von dem Leitungsvermögen der Luft in ihrem Verhältnis zur Stoffmischung aus. Die Annahme, dass bei Schuhmeister dies Verhältnis absolut richtig gefunden worden sei, lässt sich bestreiten. Stefan ist bei seinen Untersuchungen von dem Gedanken ausgegangen, dass bei seinem Calorimeter nahezu ausschliesslich die Wärme durch Leitung übertragen werde, während die Strahlung zu vernachlässigen sei. Es hat sich das Unzutreffende einer solchen Annahme herausgestellt. In der That gehen bei Luftfüllung einige Procente der Wärme in Form von Strahlung über. Winkelmann[1]) hat den durch Vernachlässigung der Strahlung entstehenden Fehler näher festgestellt und denselben von der Grösse des Abstandes der beiden Begrenzungsflächen des Hohlraumes abhängig gefunden. Die Menge der durch Leitung übergehenden Wärme nimmt mit wachsendem Abstand des Cylinders ab, der durch Strahlung übergehende bleibt constant. Bei einem Apparat von 3,11 mm Abstand der Flächen, betrug die Strahlung nur 6%, bei 15,62 mm Abstand aber schon 16%. Bei Füllung einer adiathermanen Substanz kommen meines Erachtens nur die wirklichen Leitungswerthe zur Beobachtung. Es kann somit das beiderseitige Leitungsverhältnis eine Verschiebung erleiden. Der Abstand beider Begrenzungsflächen betrug bei Schuhmeister 4 mm.

Ein weiterer Umstand, der wichtigste, liegt, wie ich beobachtete, darin, dass man auch nur relative Vergleichungen von Stoffen, deren Gewicht kein verschwindendes ist, etwa wie bei Gasen, mit dem Stefan'schen Calorimeter, die sich einzig und allein auf die Relationen $\beta \log e$ gründen, nicht ausführen kann. Ich werde später Genaueres hierüber mittheilen. Man hat von den absoluten Werthen für das Leitungsvermögen auszugehen. Zur Feststellung dieser muss man unter Anderem genau wissen,

1) Wüllner, 3. Aufl., Bd. III, S. 341.

welche Wärmemenge der innere Cylinder des Stefan'schen Calorimeters aufzuspeichern vermag. Man muss seinen Wasserwerth kennen. Leider hat Schuhmeister keine derartige Berechnung durchgeführt und eine nachträgliche Correctur seiner Ergebnisse ist auch unmöglich, weil sich keine Angaben über das Gewicht und die specifische Wärme des von ihm angewandten Cylinders vorfinden. Im Allgemeinen fällt der Fehler, der durch die eben besprochenen Verhältnisse hervorgerufen wird, in der Richtung, dass die Relation zwischen Luft und wärmeleitendem Stoff zu klein befunden wird.

Nach Abwägung aller Umstände kann ich auf Grund der Schuhmeister'schen Versuche nur für erwiesen erachten, dass die Kleidungsgrundstoffe im Allgemeinen bessere Leiter der Wärme sind als die Luft; in welchem Verhältnis ihr Leitungsvermögen zu letzterer steht, und in wie weit sie untereinander im Leitungsvermögen differiren, lässt sich aber aus den genannten Versuchen nicht folgern. Ich halte aber die Benützung des Stefanschen Calorimeters für ein wichtiges Mittel zur Lösung der Frage.

Die eben angeführten Gründe haben mich veranlasst, die Frage, insoweit sie durch Schuhmeister erledigt schien, vorläufig wieder als offen zu betrachten, und durch eigene Experimente zu entscheiden, wie gross das Leitungsvermögen der Grundsubstanzen sei.

Ich will vorerst beschreiben, wie ich bei Ausführung der Versuche, welche die Zahl mehrerer Hundert erreichen, verfahren bin.

Von wesentlicher Bedeutung ist die Wahl der Grösse des Calorimeters; anfänglich meinte ich, die Abstände des Calorimeters den Verhältnissen der menschlichen Bekleidung insofern anpassen zu sollen, dass zwischen den Begrenzungsflächen ein allseitiger Abstand von 18,5 mm bleibt. Das Einfüllen der Stoffe ist dabei sehr erleichtert, und ich glaubte kleine Ungenauigkeiten durch die grösseren Flächen und Dimensionen des Apparates ausgleichen zu können.

Das Calorimeter I hatte eine lichte Höhe des äusseren Cylinders von 23,9 cm und eine lichte Weite von 6,7 cm, eine Höhe von 20,2 und 3,0 cm Breite des inneren Cylinders.

Somit betrug die Fläche des inneren Cylinders 205,54
des äusseren Cylinders 573,7
das Mittel (= F) 389,12 qcm.

Das Messinggewicht war: (P) = 69,650 g. Der Abstand beider Cylinderflächen (Δ) maass 1,85 cm und der Cubikinhalt des Hohlraumes zwischen beiden 710 ccm.

Ich bin durch die Erfahrung ganz von dem Gebrauch eines derartigen Calorimeters abgekommen und habe schliesslich nur kleine Instrumente, deren Maass später genau angegeben wird, angewandt.

In das Calorimeter des Innencylinders wird die Glasröhre durch eine Messingschraube befestigt. Am besten ragt diese Verschraubung nicht über die Oberfläche empor.

Der Aussencylinder braucht nicht mehr als 4—5 mm vom Innencylinder abstehen. In diesem Falle bleibt ausreichend Spielraum, um lockere Rohstoffe mittelst einer Pincette gleichmässig einzufüllen.

Als Sperrflüssigkeit verwendete ich Glycerin mit Methylenblau gefärbt. Die Berechnung ist von der Art, d. h. dem specifischen Gewicht dieser Flüssigkeit unabhängig, was sich aus den Darlegungen von Stefan ergibt. Sie kommt aber insofern in Betracht, als die Schwankungen des Barometerdruckes und die Correctionen für denselben je nach der Sperrflüssigkeit sich ändern müssen.

Das Calorimeter wurde zuerst in Wasser von Stubentemperatur gebracht, neben der Steigröhre befand sich ein Maassstab, der durch eine Klemme festgehalten wurde. Die Ablesungen erfolgten mittelst Kathetometers.

Da das Calorimeter ganz bis an den Hals unter Wasser taucht, muss sein Verschluss absolut sicher sein. Am sichersten schliesst es, wenn man den Deckel conisch aufschleift. Wir haben nie den Verlust eines Versuches zu beklagen gehabt.

Nachdem sich die Säule eingestellt, wird das Calorimeter in eine Eiswassermischung getaucht, bezw. das Wassergefäss durch diese Mischung ersetzt. Dann beobachtet man mit dem Fernrohr, und setzt, wenn die Steigflüssigkeit das Fadenkreuz und

eine bestimmte Zahl passirt, die Secundenuhr in Gang und beobachtet etwa von 5 zu 5 cm die Steighöhe.

Vor dem Versuch, gelegentlich während desselben und bei der Festsetzung der Endablesung wird ein genau gehendes Barometer abgelesen. Grossentheils sind die Schwankungen ohne bemerkenswerthen Einfluss auf das Resultat.

Die Endablesung muss durch mehrfache Controlle und längeres Zuwarten, über dessen Dauer man sich bald ungefähr orientirt, festgestellt werden.

Im Grossen und Ganzen sind die bei der Methode in Frage kommenden Manipulationen ziemlich einfach, erfordern aber doch eine scharfe Beobachtung.

Nach dem Versuch muss genau controllirt werden, ob keine Undichtigkeit am Apparat vorhanden war.

Eine für den Gebrauch des Calorimeters wichtige Operation ist das Einfüllen der zu untersuchenden Substanz. Sie erfordert unter Umständen Geduld, Zeit und längere Vorbereitung.

Lockere Grundstoffe darf man nicht ad libitum in den Hohlraum pfropfen. Man muss darauf achten, dass das Grundmaterial möglichst gleichartig vertheilt werde, was schon Schuhmeister betont hat. Es ist nicht gleichgültig, ob sich die Fasern einer eingebrachten Substanz alle parallel oder überwiegend senkrecht zu den Wärme abgebenden Flächen legen. Ich habe durch viertelstundenlanges Zerzupfen und Vertheilen die Substanz gleichmässig gelockert. In solchen Fällen, wo die Fäden ungewöhnlich lang sind, wie bei Coconseide, habe ich das Material mit der Scheere in kurze Fäden zerschnitten.

Wie Schuhmeister das Material vorbehandelt hat, d. h. ob er es bei 100° trocken oder lufttrocken anwandte, ist aus der Publication nicht zu ersehen. Dieser Umstand muss aber doch erwähnt werden. Ich habe die Versuche mit den lufttrockenen Substanzen ausgeführt. Die relative Feuchtigkeit der Luft betrug, nach einem Haarhygrometer abgelesen, nicht unter 40 und nicht über 55%. Da dem Einflusse hygroskopischer Feuchtigkeit auf den Wärmedurchgang eine besondere Untersuchung zu Theil geworden ist, verweise ich auf diesen.

Das Steigen der Sperrflüssigkeit soll eine den Gesetzen der Abkühlung entsprechende sein, d. h. die Werthe β log e einer Reihe sollen alle innerhalb gewisser Fehlergrenzen übereinstimmen; ein unregelmässiges Verhalten weist unter Umständen auf Versuchsfehler hin. Ungleichmässig werden die Werthe, wenn man grosse Dimensionen für den Abstand der beiden, den Hohlraum begrenzenden Flächen anwendet, und wenn der Hohlraum mit mittleren oder grösseren Substanzmengen gefüllt wird.

Der Gang der Abkühlung ist von Anfang an dann nicht absolut regelmässig; in Abhängigkeit von der Füllung sieht man bei Beginn der Versuche eine allmählich zunehmende Geschwindigkeit des Steigens. In den ersten Secunden wird Wärme nur aus den der Grenzfläche benachbarten Theilen des Calorimeters abgegeben, während der innere, mit dem Steigrohr verbundene Cylinder von der Temperaturänderung fast ganz unberührt bleibt.

Die Resultate der Rechnung werden ganz ungleich, je nachdem man den 0-Punkt der Versuche legt. Aus einer Reihe von Experimenten war zu schliessen, dass nach 300 Secunden, auch bei starker Füllung des Cylinders, das störende Anfangsstadium unregelmässiger Abkühlung überwunden sei, weshalb im Allgemeinen für das Experiment mit diesem Calorimeter der 0-Punkt auf die 300. Secunde gelegt wurde. Dieser Punkt ist aber nur zulässig, wenn man von den gleichen Dimensionen des Calorimeters und den gleichen Anfangs- und Endtemperaturen ausgeht, d. h. die gleichen Endsteighöhen erreicht.

In einem extremen Falle fand ich bei 108,0 g Baumwollfüllung die Werthe für β log e zwischen 0,00004—0,00057 schwankend; wenn man die ersten 50 Secunden bei Seite liess, differirte sie zwischen 0,00007—0,00059, erst von der 300. Secunde ab erfolgte die Abkühlung gleichmässig. Bei Luftfüllung verlauft die letztere von Anfang an völlig normal.

Derartige Differenzen, je nach dem Grade der Füllung, findet man bei kleinem Abstand zwischen den Begrenzungsflächen der Hohlräume überhaupt nicht, weil die Leitung durch eine 4—5 mm dicke Schicht rasch genug erfolgt, um ein solches Latenzstadium der Abkühlung auszuschliessen.

Bei erheblichen Dimensionen für den Abstand der beiden Cylinder versagt, wenn grössere Mengen von Wolle, Baumwolle eingefüllt worden sind, die Constante $\beta \log e$ zur Beurtheilung des Leitungsvermögens ganz, d. h. man erhält, je mehr Substanz eingefüllt wird, um so kleinere Constanten. So sahen wir in einem Falle, wenn die Constante bei Luftfüllung 0,000 787 betrug, dieselbe bei schwächster Füllung mit Baumwolle auf 0,000 846 steigen, bei mittlerer Füllung auf 0,000 718 und bei stärkster Füllung auf 0,000 572 sinken. Man kann sich also allgemein durchaus nicht an die Vergleiche der Constanten halten, wie man aus den Schuhmeister'schen Angaben schliessen möchte.

Einen sicheren, unter allen Umständen brauchbaren Vergleich gibt ausschliesslich die Bestimmung des Leitungsvermögens nach absolutem Maasse. Die Ausführung einer solchen Berechnung ist nicht schwierig, da von Stefan die genaue Formel dafür angegeben worden ist. Der absolute Wärmedurchgang hängt ab von der Abkühlungsgeschwindigkeit $\beta \log e$ und von der Menge der Wärme, welche der Innencylinder abzugeben vermag, von dem Abstand beider Begrenzungsflächen, deren mittlerem Flächeninhalt. Behält man die Seite 295 angenommenen Bezeichnungen bei, so ergibt sich das absolute Leitungsvermögen, das im Folgenden mit k bezeichnet werden soll, wie nachstehend:

$$k = \frac{P \cdot C \cdot \Delta \; \beta \log e}{F \cdot \log e} = \frac{P \cdot C \cdot \Delta}{F \cdot \log e} \times \beta \log e$$

Für den Ausdruck $\frac{P \cdot C \cdot \Delta}{F \cdot \log e}$ lässt sich für jedes Calorimeter ein Factor angeben, der mit $\beta \log e$ multiplicirt, die Anzahl der Calorien bezeichnet, welche durch den Quadratcentimeter in einer Secunde hindurch geht, wenn die Begrenzungsflächen 1 cm abstehen und in der Temperatur um 1 ° C. differiren.

Bei Gasen, die Stefan zuerst hinsichtlich ihres Leitungsvermögens untersuchte, hat die Anwendung dieser Formel also nicht die geringste Schwierigkeit. Der Wasserwerth des Innencylinders muss nach bekannten Constanten berechnet, oder die specifische Wärme, wenn man ganz sicher gehen will, durch specielle Versuche sicher gestellt werden.

Die Ausmessung der Grösse der Cylinder muss mit peinlichster Sorgfalt geschehen, weil die geringsten Fehler bei Berechnung des Abstandes das Endresultat ganz erheblich beeinflussen. Dies gilt besonders für jene Fälle, wo man Abstände von nur 2 bis 3 mm zu wählen gezwungen ist.

Die Formel Stefan's ist leider aber für unsere Aufgabe nicht zureichend; sie gilt, streng genommen, nur für den Fall, in welchem, kurz gesagt, der Wasserwerth der den Hohlraum füllenden Substanz = 0 ist, bzw. zu dem Wasserwerth der Innencylinder als unendlich klein gedacht werden kann. Der Wasserwerth der Füllung betheiligt sich ähnlich wie der Innencylinder an der Wärmeabgabe; es können daher unter Umständen sogar Stoffe, die sicherlich besser leiten wie Luft, in den Hohlraum der Calorimeter gebracht werden, und der Werth für β. log e sogar kleiner sein als bei Luft. Auch dieser Umstand muss Veranlassung geben, keine erheblichen Abstände der beiden Calorimeterflächen zu wählen, damit die Menge der Füllung thunlichst reducirt werde.

Die Berechnung des Einflusses, welchen der Wärmewerth der Füllung des Calorimeters auf das Endresultat hat, ist durchaus nicht einfach. Sie führt nach den Versuchen, die Winkelmann[1]) mittels des Stefan'schen Calorimeters an Flüssigkeiten angestellt hat, zu ganz complicirten Rechnungen; es scheint aber eine zutreffende Formel von ihm gefunden zu sein.

Einfacher bleiben die Berechnungen, wenn man das Verhältnis zwischen Wasserwerth des Innencylinders und dem der Füllung nicht zu ungünstig werden lässt. Hierzu bieten sich, wie ich gesehen habe, zwei Möglichkeiten. Einmal lässt sich die Dicke der anzuwendenden Schichten ungemein einschränken, wodurch die Menge des auf dem Innencylinder lagernden Stoffes vermindert wird; in besonderen Fällen wird man sich durch Anwendung schwerer Innencylinder mit hohem Wasserwerth behelfen können. Ohne Berücksichtigung können auch solche Füllungen, wie Schuhmeister sie anwandte (2 bis 7 g) unbedingt

1) a. a. O.

nicht bleiben. Der Fehler, der dadurch an den Versuchen Schuhmeister's haftet, fällt in der Richtung, dass er die Wärmeleitung bei Füllung des Calorimeters mit Rohstoffen zu klein in Anschlag gebracht hat.

Die Stefan'sche Formel muss also eine Erweiterung erfahren, die sie auch für jene Fälle, in denen der Wasserwerth der Füllung nicht vernachlässigt werden kann, anwendbar macht. Eine solche Erweiterung der Stefan'schen Formel verdanke ich meinem verehrten Freunde und Collegen M. Planck. Die Formel, welche im Folgenden immer beibehalten werden soll, ist folgende:

Ist W der Wasserwerth der Füllung, so hat man unter Beibehaltung aller früheren Bezeichnungen für das Leitungsvermögen:

$$K = \frac{P \cdot C \cdot \varDelta}{0{,}4343 \cdot F} \; \beta \log e \cdot \left(1 + \frac{W}{4 \cdot P \cdot C}\right)$$

Der Wasserwerth der Füllung muss durch besondere Versuche erhoben werden, da nähere Angaben hinsichtlich der specifischen Wärme der Kleidungsstoffe nicht vorzuliegen scheinen. Da der Correctionswerth $1 + \frac{W}{4 P \cdot C}$ dem Sinne der Ableitung genannter Gleichung entsprechend, nie gross werden soll, so spielen kleine Differenzen im Wasserwerthe keine erhebliche Rolle, und man könnte vielleicht einen Annäherungswerth genügen lassen. Ich habe es aber doch für zweckmässig gehalten, die specifische Wärme nach der Mischungsmethode für Wolle und Baumwolle zu bestimmen.

Die specifische Wärme

von Baumwollwatte (lufttrocken berechnet) fand ich zu 0.495
» deutscher Wolle » » » » » 0.560
» Seide » » » 0.545

Diese Werthe gelten zunächst nur für das Material, welches in meinen Versuchen Verwendung fand; es ist möglich, aber nicht wahrscheinlich, dass sich bei Grundstoffen verschiedener Herkunft Differenzen finden werden; wenigstens dürfte das letztere nicht von erheblichem Belange sein für jene Fragen, welche bei unserm heutigen Stande des Wissens actuelles Interesse besitzen.

Vielleicht gibt die Mischungsmethode ein etwas zu hohes Resultat. Baumwolle, Seide und Wolle sind hygroskopische Substanzen, sie nehmen den Wasserdampf vermuthlich unter Wärmeentbindung auf; es wäre denkbar, dass eine derartige festere Bindung eines Theiles des Wassers sich auch geltend macht, wenn man die Substanzen in Wasser untertaucht. Erheblich kann dieser Einfluss nicht sein, und für unsere Berechnung ist ein solches Vorkommnis ohne Belang.

1. Grössere Calorimeter (I).

Die ersten orientirenden Versuche stellte ich mittels eines Calorimeters in grossen Dimensionen an. Die Zahlen für das Maass derselben findet man oben Seite 295.[1])

Die ersten Ergebnisse schienen ganz befriedigend zu sein, namentlich war die Abkühlung in den Einzelversuchen ausserordentlich gleichmässig; ich habe in beifolgender Tabelle die Werthe für $\beta \log e$, die nach der 300. Secunde nach Beginn des Versuchs abgeleitet sind, für einige Fälle angegeben. (Siehe Tabelle I auf S. 302.)

Bei Wiederholung der Versuche zeigte sich aber, dass bei Anwendung mit etwas reichlicheren Substanzen bei wiederholter Füllung mit demselben Material Differenzen auftraten, welche zu gross erschienen, als dass die Weiterbenützung dieser Calorimeter angezeigt war.

Ich habe aus den Experimenten die absoluten Werthe für das Leitungsvermögen berechnet und für einige Substanzen dieselben nachstehend aufgeführt. (Siehe Tabelle II auf S. 302).

Die Versuche liessen sich nur zu dem allgemeinen Schluss verwerthen, dass eine Mischung aus Luft und Kleidungsgrundstoffen die Wärme besser leitet als Luft allein. Die Grundstoffe müssen erheblich bessere Wärmeleiter als Luft sein, da z. B. bei Füllung mit geleimter Baumwolle das specifische Gewicht der Mischung nur 0,004, bei gewöhnlicher Wattefüllung

1) Der Wasserwerth war 6,38; das Messing = 0,0935 spec. Wärme nach Stefan gerechnet.

nur 0,01 betrug und trotzdem deutlich mehr Wärme durch das Calorimeter gewandert ist.

Tabelle I.

	β log e		β log e
1. Luft	0,00080	5. Baumwolle	0,00071
	79		70
	77		70
	77		70
	75		70
2. Luft	0,00080		70
	80		70
	80		70
	81		70
	81		70
3. Luft	0,00081	6. Baumwolle[1]	0,00090
	79		89
	78		89
	77		88
	76		88
4. Baumwolle	0,00075		87
	75		87
	75		86
	74		85
	74		87
	73		
	73		
	73		
	72		
	72		

Tabelle II.

Füllung	β log e	k.	g Füllung
Luft	0,000836	0,0000598	0
Baumwolle geleimt	0,000866	0,0000653	2,8
» ungeleimt	0,000771	0,0000626	7,1
Wolle	0,000775	0,0000629	7,1

Ich habe aus den mehrfach erwähnten Gründen die weitere Benützung eines derartigen grossen Instrumentes aufgegeben und nur mehr kleinere Calorimeter benützt.

1) Andere Füllung.

2. Kleine Calorimeter (II, III).

Die vorher mitgetheilten Experimente können nur als Vorversuche gelten. Will man exacte Angaben erhalten, so muss man offenbar die Feinheit der Methode und Beobachtung auf's Thunlichste heben.

Ich liess mir zunächst zwei kleine Calorimeter herstellen. Das eine, Cal. II in Folgendem benannt, hatte einen Aussendurchmesser des inneren Cylinders 30,2 mm und 70,0 mm Höhe, das Innenmaass des inneren Cylinders war 40,0 mm und 80,0 mm die Höhe. Die mittlere Oberfläche betrug 103,74 qcm, der Hohlraum 51,0 ccm. Das Messinggewicht des Calorimeters war 72,27 g.

Fast genau die gleichen Maasse besass auch Calorimeter III; nur war dessen Wasserwerth viel höher. Das Gewicht des Messings betrug 167,38 g. Durch diese Verschiedenheit beabsichtigte ich, mir eine grössere Freiheit in der Füllung der Calorimeter zu sichern, weil bei Cal. III $1 + \frac{W}{4\,P \cdot C}$ noch kleine Werthe geben muss, auch wenn man eine sehr dichte Füllung mit Stoffen vorgenommen hat.

Die Wahl dieser Dimensionen und der Wasserwerthe hat durchaus in den Experimenten den gestellten Anforderungen genügt.

Die beiden von mir benützten Innencylinder der Stefan-schen Calorimeter bestanden nicht aus ganz gleicher Grundsubstanz; die Composition des Messings war eine verschiedene.

Um nicht hinsichtlich der specifischen Wärme des angewandten Messings im Unsicheren zu bleiben, maass ich die specifische Wärme der beiden Calorimeter für sich. Da von demselben Messingrohr, aus welchem Cal. II gefertigt war, und von der Gussmasse von Cal. III noch vorhanden war, so liess ich ausreichend Drehspähne anfertigen und bestimmte an diesen die specifische Wärme des Messings

für die Masse von Cal. II fand ich 0,0874
» » » » » III » » 0,0861

bei den in Betracht kommenden Verhältnissen.

Aus den Zahlen von Lorenz folgt für das gebräuchliche gelbe Messing für etwa 20°—0° 0,0891 specifische Wärme[1]), während Stefan eine höhere Zahl 0,0935 zu Grunde gelegt hat.

Der Wasserwerth des Cal. II war 6,316 g und der von Cal. III 14,409.

Zur genauen Berechnung für $\frac{P \cdot C \cdot J}{F \cdot \log e}$ hat man folgendes:

$$\text{Cal. II} \quad \frac{6{,}316 \times 0{,}516}{0{,}4343 \times 103 \cdot 74} = 0{,}0723 = \log \cdot 0{,}8593413 - 2$$

und für

$$\text{Cal. III} \quad \frac{14 \cdot 409 \times 0{,}511}{0{,}4343 \times 103 \cdot 43} = 0{,}1639 = \log \cdot 0{,}2146395 - 1.$$

Die kleinen Calorimeter sind weit handlicher als die grossen, und erlauben den Versuch innerhalb verhältnismässig kurzer Zeit zu Ende zu führen, während bei den anderen Instrumenten die Endeinstellung erst recht spät erreicht wird.

Die Substanzen wurden auch bei diesen Versuchen mit dem kleinen Calorimeter sämmtlich lufttrocken gewogen und verwendet.

Die Luftfeuchtigkeit schwankte zwischen 45 bis 55 %. Die Anwendung völlig trockener Stoffe war mit einigen Schwierigkeiten verbunden. Absolut trockene Kleidungsstoffe kommen auch im täglichen Leben nicht zur Anwendung.

Die Experimente wurden so angestellt, dass zuerst die Einstellung des Calorimeters für das bei Stubentemperatur befindliche Wasser abgewartet wurde, dann wurde das Calorimeter in Eis versenkt. Die Steighöhen wurden mittels Kathetometer genommen, nach einem an dem Rohr befestigten Maasstab, die Zeiten nach einer genau gehenden Secundenuhr.

Bei schwierigen Beobachtungen wurde die Ablesung der Uhr und das Aufschreiben der Notizen von einem Gehilfen übernommen.

Die Barometerablesungen müssen so scharf wie möglich gemacht werden; zu meinen Versuchen benützte ich ein Instrument von Fortin mit Noniusablesung.

1) Landolt und Börnstein, Tabellen, S. 131.

Nur sehr selten misslingt ein Versuch. Ich habe zunächst die wesentlichen Grundstoffe mit der Absicht der Feststellung etwaiger Differenzen im Leitungsvermögen geprüft.

Die Calorimeter haben oben Conusdichtung und ausserdem wird noch ein Kautschuckband über den Verschluss gezogen. Das Band war etwa 1 cm breit. Bei keinem Versuche war Wasser eingedrungen, obschon vielfach die Calorimeter von einem Experiment bis zum nächsten Tag behufs Fortführung der Versuche unter Wasser blieben.

Das Glycerin, mit Methylenblau gefärbt, welches als Steigflüssigkeit Verwendung gefunden hatte, wurde mit Wasser gleicher Temperatur im Piknometer geprüft und das specifische Gewicht zu 1,22 gefunden. Welche Correctur für die Schwankungen des Barometerdrucks anzuwenden sei, lässt sich durch direkten Versuch entscheiden.

Um den Gang und das Material, welches die Beobachtungen liefern, klar zu machen, habe ich ein Paar Protokolle als Beispiele nachstehend aufgeführt.

Tabelle III.

Luft — Temperatur d. Wassers 17,8° — Bar. 745,25—745,15

Zeit	Steighöhe		Secunden	β log e
0	2	0		
1′ 55	5	3	— 115 —	0,000335
5′ 21	10	8	— 206 —	0,000354
9′ 28	15	13	— 247 —	0,000347
14′ 38	20	18	— 310 —	0,000355
19′ 50	24	22	— 312 —	0,000334
∞	37,2	35,3	Mittel	0,000345

Luft — Temperatur d. Wassers 17,8° — Bar. 749,5—748,5

Zeit	Steighöhe		Secunden	β log e
0	2	0		
1′ 55	5	3	— 115 —	0,000383
5′ 21	10	8	— 206 —	0,000350
9′ 31	15	13	— 250 —	0,000350
14′ 39	20	18	— 311 —	0,000353
19′ 55	24	22	— 317 —	0,000357
∞	36,1 (= 37,4)	35,4	Mittel	0,000349

Wolltrikot 6,1 g — Temp. d. Wassers 17,4° — Bar. 768,55—768,55

Zeit	Steighöhe		Secunden	$\beta \log e$
0	6	0		
			— 137 —	0,000392
2' 17	10	4		
			— 195 —	0,000400
5' 32	15	9		
			— 234 —	0,000408
9' 26	20	14		
			— 304 —	0,000401
14' 30	25	19		
			— 432 —	0,000395
21' 42	30	24		
∞	40,4	34,4	Mittel	0,000400

Rohseide 6,0 g — Temp. d. Wassers 18,4° — Bar. 764,5—765,2

Zeit	Steighöhe		Secunden	$\beta \log e$
0	5	0		
			— 144 —	0,000427
2' 24	10	5		
			— 162 —	0,000442
5' 16	15	10		
			— 193 —	0,000444
8' 19	20	15		
			— 245 —	0,000441
12' 24	25	20		
			— 326 —	0,000436
17' 50	30	25		
			— 167 —	0,000434
20' 37	32	27		
∞	42,6 = 42,9	37,9	Mittel	0,000437

Man soll die Beobachtungen nicht zu kurz machen; letzteres tritt dann ein, wenn die Temperaturdifferenz zwischen Wasser und Eismischung zu klein wird. Die Versuche werden ja durch kleinere Differenzen nicht etwa ungenau und unbrauchbar, aber unvermeidliche Fehlerquellen wirken doch mehr ein, wenn die absoluten Steighöhen der Flüssigkeit sehr niedrig, als wenn sie grösser sind, und ausserdem kann man bei grösseren Differenzen 5 bis 6 Einzelwerthe für $\beta \log e$ erhalten, wo durch eine vollkommenere Controle für den Gang der Abkühlung bleibt.

In eben angeführter Weise wurden alle Experimente ausgeführt und genau controlirt, so dass ich über jede Zahl verfüge. Es dürfte aber kaum Interesse haben, alle detaillirten Aufzeichnungen hier wiederzugeben, da man die Experimente ja leicht jederzeit wiederholen und controliren kann.

Es mögen bei den ersten Versuchen die Mittelwerthe für $\beta \log e$ jeden Experimentes gegeben sein. Ich habe zuerst, um zu sehen, ob man mit der Methode in dieser Modification Unter-

schiede im Leitungsvermögen findet, die beiden Calorimeter entweder mit Luft gefüllt, oder mit je 2 g sorgfältig zerzupfter Wolle, Seide, Baumwolle oder Flachs. Ich theile die Versuche genau so mit, wie sie in unmittelbarer Reihenfolge nach einander ausgeführt worden sind und bemerke, dass es sich dabei nicht etwa um ausgewählte Versuche handelt, sondern dass alle Versuche, welche zur Ausführung kamen, hier angeführt sind. Ich erwähne dies, damit man die Zuverlässigkeit und Brauchbarkeit der Methodik gebührend würdigen lerne. Die Versuche lassen ohne Weiteres schon aus den Werthen für $\beta \log e$ unmittelbar ersehen, dass alle Kleidungssubstanzen bessere Wärmeleiter sind als Luft. Sie zeigen aber zugleich, dass specifische Verschiedenheiten für die einzelnen Kleidungsgrundstoffe vorliegen. Zu deren Beurtheilung müssen wir auf das absolute Wärmeleitungsvermögen näher eingehen.

Tabelle IV.

Calorimeter II.				Calorimeter III.			
Nr.	Füllung	g	$\beta \log e$	Nr.	Füllung	g	$\beta \log e$
1	Luft . . .	—	0,000748	1	Luft . . .	—	0,000380
2	Luft . . .	—	0,000739	2	Luft . . .	—	0,000381
3	Wolle . .	2	0,000760	3	Wolle . .	2	0,000397
4	Wolle . .	2	0,000760	4	Wolle . .	2	0,000405
5	Seide . . .	2	0,000843	5	Seide . . .	2	0,000448
6	Seide . . .	2	0,000818	6	Seide . . .	2	0,000442
7	Seide . . .	2	0,000862	7	Seide . . .	2	0,000414
8	Baumwolle .	2	0,000836	8	Baumwolle .	2	0,000454
9	Baumwolle .	2	0,000873	9	Baumwolle .	2	0,000482
10	Baumwolle .	2	0,000865				
11	Flachs . .	2	0,000858				
12	Flachs . .	2	0,000842				

Die Zahlen für $\beta \log e$ bestätigen in der That, dass Luft die kleinsten Werthe aufweist, während alle anderen Füllungen höhere Werthe zeigen.

Tabelle V.

Calorimeter II.			Calorimeter III.		
Füllung	$\beta \log e$	Absolutes Leitungsvermögen	Füllung	$\beta \log e$	Absolutes Leitungsvermögen
Luft . . .	0,000740	0,0000535	Luft . . .	0,000380	0,0000622
Wolle . . .	0,000760	0,0000571	Wolle . . .	0,000401	0,0000668
Seide . . .	0,000841	0,0000634	Seide . . .	0,000435	0,0000725
Baumwolle .	0,000858	0,0000647	Baumwolle .	0,000468	0,0000781
Flachs . .	0,000850	0,0000641			

Tabelle VI.
Relative Werthe.

Substanz	Calorim. II	Calorim. III	Mittel
Luft	100	100	100
Wolle	106,6	104,9	105,7
Seide	118,4	116,5	117,5
Baumwolle	120,9	125,5	123,2
Flachs	119,7	—	—

Die nachfolgende Tabelle enthält die Mittelwerthe für $\beta \log e$ und daraus für die Füllung mit 2 g die absoluten Werthe für das Leitungsvermögen. Die Correcturen, welche man bei Cal. II für den Wasserwerth der Füllung anzubringen hat, beträgt zwischen 3,9 bis 4,4 %, weniger bei Cal. III, nämlich nur 1,7 bis 1,9 %.

Die absoluten Werthe für das Leitungsvermögen gehen bei beiden Calorimetern nicht ganz überein, aber offenbar sind es constante Einflüsse, welche in beiden Calorimetern wirken, wie die relativen Werthe darthun.

Stefan fand für seinen ähnlich wie Cal. II gebauten Apparat für k bei Luft im Mittel 0,0000558[1]) und Winkelmann 0,0000555, somit meine Zahl 0,0000535 gut übereingeht. — Auf Cal. III werde ich später zurückkommen.

Die Versuchsreihen führen also mit aller Bestimmtheit nicht nur zu dem Schluss, dass die Kleidungsgrundstoffe bessere Leiter für die Wärme sind als die Luft, welche sie einschliessen, sondern

1) a. a. O., S. 333.

sie zeigen mit Sicherheit, dass die einzelnen Grundstoffe eine Verschiedenheit in dem Wärmeleitungsvermögen gegeben haben.

Die Reihenfolge im Leitungsvermögen ist, wie die relativen Zahlen erkennen lassen, die, dass Wolle der schlechteste Leiter war, dann folgte Seide als besserer, und der beste Wärmeleiter ist die Baumwolle und Leinen.

Diese Schlussfolgerungen dürfen aber unmittelbar nicht so gedeutet werden, dass der Beweis für das specifische Leitungsvermögen derGrundstoffe hiermit sicher stehe. Ich will nur, weil Schuhmeister aus viel weniger Versuchen, als ich bisher mitgetheilt habe, seinen Schluss zog, auch sofort unsere Ergebnisse vergleichen.

Das Ergebnis der Versuche (k) gibt an, um wie viel ein Luft-Stoffgemisch besser leitet als Luft allein; aus diesen beiden Zahlen muss das Leitungsvermögen des Stoffes abgeleitet werden.

Das Leitungsvermögen der Grundstoffe zu bestimmen, kann nur mit einer gewissen Annäherung, nicht mit physikalischer Genauigkeit geschehen. Vorausgesetzt, dass wir auch den Wärmedurchtritt nach absolutem Maasse mit Sicherheit erfahren können, bleibt immer noch zu erforschen, was wir über die Wärmeleitung in den Stoffelementen selbst, längs der Fasern, und quer zu ihrer Längsaxe auszusagen wissen.

Dieser theoretischen Forderung lässt sich in zufriedenstellendem Maasse genügen. Es lässt sich durch Rechnung das wahre Leitungsvermögen der Kleidungs-Elementarbestandtheile finden, wenn man für eine bekannte Lagerung der Stofftheilchen gesorgt hat. Gerade darauf legten wir schon Eingangs Gewicht, indem wir forderten, dass die Lockerung der Gewebe eine absolut gleichmässige sein muss.

Nennt man k_1 das Leitungsvermögen der Luft, k_2 jenes der festen Stoffe, km — Leitungsvermögen des Gemisches zu Luft, v_1 und v_2 die Raumtheile, welche k_1 und k_2 einnehmen, so würde nach einer einfachen Mischungsrechnung

$$km = k_1 \; v_1 + k_2 \; v_2,$$

wobei $v_1 + v_2 = 1.$

Setzt man $k_1 = 1$, so kann man wenigstens in relativer Zahl für k_2 das Leitungsvermögen erfahren, für die eben vorliegende Anordnung der Fasern.

Die Zahl würde zugleich das richtige Leitungsvermögen zur Luft darstellen, wenn die eingefüllte Masse normal zu den Wärme abgebenden Flächen, d. h. senkrecht zu diesen lägen.

Sie liegen aber auch parallel zu diesen und für diesen Fall erfolgt der Wärmedurchgang von Luft zu Faser, Luft zu Faser u. s. w.; hierfür gibt Schuhmeister die Gleichung

$$\frac{1}{km} = \frac{v_1}{k_1} + \frac{v_2}{k_2}.$$

Sind die Fasern alle gleichheitlich vertheilt, in den drei Ebenen des Raumes, so liegen $^2/_3$ parallel zu der Wärme abgebenden Fläche, $^1/_3$ dagegen normal.

Schuhmeister formulirt daher eine nur für den besprochenen Fall giltige Gleichung, indem er $^1/_3$ Mal den Werth der ersten und $^2/_3$ Mal den Werth der zweiten in Rechnung stellt. Für den Fall, dass v_2 nicht grösser als 0,12 ist, ergibt sich dann die vereinfachte Formel:

$$k_2 - \frac{2\,k_1^2}{k_2} = \frac{3\,(km - k_1)}{v_2} - k_1.$$

Die Volume für Wolle, Seide, Baumwolle leiten sich aus den angewandten Gewichten ab, wenn man das specifische Gewicht[1]) kennt.

Berechnet man das Volum der Substanz in der Einheit, so hat man für Seide 0,026, Baumwolle 0,023 und Wolle 0,026.

Daraus folgt nach der Gleichung:

$$k_2 - \frac{2}{k_2} = \frac{3\,(km - k_1)}{v_2} - 1$$

$$= \frac{3\,(km - 1)}{v_2} - 1.$$

für das Leitungsvermögen der Luft .	1,0
für Wolle	6,1
für Seide	19,2
für Baumwolle und Leinen	29,9,

1) Es hat keinen beachtenswerthen Einfluss, ob man hiefür von lufttrockener oder trockener Substanz ausgeht.

während Schuhmeister angibt

für Seide	11
» Wolle	12
» Baumwolle	37.

Am unsichersten ist bei Schuhmeister der Werth für Schafwolle, weil er nur aus einer Beobachtung abgeleitet wurde. Seide nimmt also eine mittlere Stellung ein.

Im Grossen und Ganzen sind die beiden Ergebnisse der Untersuchung sich ähnlich, aber sie differiren doch zu beträchtlich, um sie als endgiltigen Ausdruck des relativen Leitungsvermögens anzusehen.

Will man nicht Versuchsfehler als Ursache der Differenzen voraussetzen, so liesse sich nur vermuthen, dass das Grundmaterial im Leitungsvermögen verschieden sein kann.

Es darf nach den mitgetheilten Experimenten als sicherstehend angenommen werden, dass die Grundstoffe der Kleidung bessere Wärmeleiter sind als Luft, und dass sie ein ziemlich ungleichartiges, specifisches Wärmeleitungsvermögen besitzen.

Man hat bis jetzt, wo man überhaupt die hier einschlägigen Fragen berührte, immer nur von den Grundstoffen der Wolle, der Seide, der Baumwolle geredet. Da man früher annahm, alle die genannten Stoffe unterschieden sich nicht im Wärmeleitungsvermögen von einander, war jedes weitere Eingehen auf die Stoffe selbst ganz gegenstandslos.

Nachdem ich aber nachgewiesen, dass wirklich erhebliche Unterschiede im Wärmeleitungsvermögen vorliegen können, wird man auch nicht länger von der Wolle, der Seide, der Baumwolle im Allgemeinen reden können, sondern es wird die Aufgabe weiterer Untersuchung sein müssen, festzustellen, ob nicht Unterschiede auch in den zu einer Gruppe gehörigen Stoffen bestehen. Von der Wolle ist bekannt, dass dieselbe je nach der Herkunft mikroskopisch sich erheblich unterscheidet. Die Elektorialwolle ist z. B. weit dünner als die gewöhnliche Wolle. Rosshaar, Kuhhaar, Kameelhaar unterscheidet sich durch den blossen Anblick und das Tastgefühl.

So habe ich denn für die Grundstoffe Material gesammelt und werde zeigen können, ob wir berechtigt sind, von einem mittleren specifischen Wärmeleitungsvermögen der Grundstoffe zu sprechen.

In folgender Tabelle habe ich alle Experimente aufgenommen, die ich mit Haarsubstanz zum Abschluss brachte.

Tabelle VII.

Füllung	β log *e*	k
Luft	0,000736	0,0000532
Deutsche Wolle	0,000760	0,0000573
Australische Wolle	0,000771	0,0000579
Kameelwolle	0,000775	0,0009582
Kuhhaare, sibirische	0,000770	0,0000579
Rosshaare	0,000752	0,0000565
Menschenhaare	0,000771	0,0000579
Eiderdaunen	0,000764	0,0000574

Verwendet wurden: deutsche Wolle, australische Wolle, Kameelwolle, sibirische Kuhhaare, Rosshaare, Menschenhaare, und Eiderdaunen. Wenn man dieses Material verschiedenartigster Herkunft betrachtet, so kann man nur überrascht davon sein, ein wie gleichartiges Leitungsvermögen alle diese Substanzen besitzen. Die gleiche chemische Grundsubstanz, das Keratin', zeigt also in allen Fällen ein gleiches physikalisches Verhalten.

Einzelne dieser Haarsorten hatten natürliche Farbe, wie die Kameelwolle (braun), sibirische Kuhhaare (roth), Rosshaare (schwarz), Menschenhaare (braun).

Die Eiderdaunen lehnen sich enge an die Haarsubstanz an. Wenn man auf kleine Unterschiede Gewicht legen wollte, so könnte man sagen, die deutsche Wolle habe, was geringes Leitungsvermögen anlangt, vor der sonst viel gebrauchten australischen Wolle etwas voraus.

Die Menschenhaare stehen in einer Linie mit der thierischen Haarbedeckung.

Die drei Seidensorten, welche hier im Wesentlichen in den Handel kommen, sind die chinesische, Mailänder (gelb) und

Turiner Seide; ich habe daher auch nur diese drei Sorten einer Prüfung unterzogen.

Unter chinesischer Seide, wie sie im Allgemeinen in den Handel gelangt, ist wesentlich exotische Seide gemeint. Die Waarenkenner unterscheiden aber darunter wieder zwei Arten, die Jamamay und die Tussahseide[1]). Ich habe in Folgendem nur die chinesische Seide als fremdländische Sorte in Betracht gezogen.

Tabelle VIII.

Füllung	β log e	k.
Luft	0,000723	0,0000532
Chinesische Seide	0,000841	0,0000633
Mailändische Seide	0,000801	0,0000604
Turiner Seide	0,000800	0,0000603

Auch die drei Seidensorten stimmen gut miteinander überein. Das beste Leitungsvermögen hat die chinesische Seide, weniger gut leitet die Mailänder und Turiner Seide, doch weichen auch die extremsten Werthe nicht beträchtlich von einander ab.

Als dritte Gruppe von Stoffen sind die celluloseartigen Materialien anzureihen. Als solche wählte ich neben Baumwollwatte feinen hellen Flachs und feine Holzwolle. Bei den Polstermöbeln und den Matrazen wird häufig Seegras verwendet. Mit Rücksicht auf diese vielfache Benützung fügte ich noch die Untersuchung des Seegrases an.

Die Ergebnisse finden sich in nachstehender Tabelle zusammengestellt.

Tabelle IX.

Füllung	β log e	k.
Luft	0,000723	0,0000532
Baumwolle	0,000858	0,0000648
Holzwolle	0,000856	0,0000646
Flachs	0,000850	0,0000642
Seegras	0,000815	0,0000615

1) Weidinger's Waarenlexikon, S. 756.

Die Zahlen zeigen eine fast absolute Uebereinstimmung zwischen den cellulosefü hrenden Substanzen, der Baumwolle, Holzwolle, Flachs. Sind diese Substanzen gewiss in chemischer Hinsicht nicht absolut gleich, da sie vielleicht verschieden im Aschegehalt sein mögen, so üben kleine Differenzen offenbar keinen störenden Einfluss aus. Geringer als bei den Vorgenannten stellt sich das Leitungsvermögen bei Seegras; ob diess der specifischen Natur der Substanz zu verdanken ist, oder den etwas verschiedenen äusseren Verhältnissen, der Breite der Faser, der Schwierigkeit, sie gleichmässig zu vertheilen, lässt sich mit Bestimmtheit nicht sagen.

Ich möchte die in vorstehenden Tabellen angeführten Werthe für das Leitungsvermögen nicht missverstanden wissen. Ich glaube nicht, dass man jeden angeführten Werth als »typisch« für das betreffende Material betrachten darf. Es ist mir sehr wahrscheinlich, dass, wenn man sich von einer Art z. B. deutscher Wolle solche verschiedenartiger Herkunft verschafft und prüft, auch wieder kleinere Verschiedenheiten im Leitungsvermögen sich werden auffinden lassen. Ich habe selbst in weiterem Verlauf der Versuche Beispiele dafür an Wolle und Seide beobachtet. Aber über die wahrscheinlichsten Grenzen der Schwankungen gaben meine, verschiedenartiges Material betreffenden Untersuchungen, obschon sie noch keinen sehr grossen Umfang erreicht haben, schon hinreichenden Aufschluss.

Wir haben also bewiesen, dass solche Grundstoffe der Kleidung, von denen wir gleiche chemische Beschaffenheit voraussetzen können, in ihrer physikalischen Eigenschaft der Wärmeleitung keine Differenzen aufweisen; dem Keratin, der Seide, Cellulose kommen charakteristische Constanten des Wärmeleitungsvermögens zu. Diese Thatsache ist von ungeheurer Wichtigkeit, indem durch sie die analytische Bearbeitung des ganzen Gebietes, mit dem wir uns befassen, wesentlich erleichtert wird.

Ich halte es daher für zulässig, für die Zukunft von mittleren Werthen des Wärmeleitungsvermögens der Grundsubstanzen unserer Kleidung auszugehen; nachfolgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung über meine bisher mitgetheilten Messungen.

Tabelle X.

Füllung	k.	Relative Zahl
Luft	0,0000532	100
Haare von Säugethieren	0,0000576	108,3
Federn	0,0000574	107,9
Seide	0,0000613	115,2
Pflanzenfaser	0,0000645	121,2
Seegras	0,0000615	115,6

In wie weit die kleineren Differenzen gleichartiger Materialien als Variation des Leitungsvermögens der Grundsubstanz angesprochen werden dürfen, lässt sich, glaube ich, kaum entscheiden. Vielleicht handelt es sich, wie bei der Wolle, um Beimengungen, die das Leitungsvermögen etwas beeinflussen, oder es kommen gewisse physikalische Eigenschaften, welche die Lagerung der Fasern verändern können, in Betracht.

Die Extreme einzelner Gruppen stehen sich sehr nahe. Kameelwolle hat z. B. ein Leitungsvermögen von 0,0000582, der kleinste Werth für Seide ist 0,0000604, also sehr nahestehend. An die chinesische Seide mit 0,0000633 würde sich Seegras sehr nähern mit 0,0000615; ich bezweifle für den letzten Fall aber, wie schon erwähnt, ob hier eine wahre Differenz im „Leitungsvermögen" die Ursache der kleineren Werthe ist, oder nur die etwas abweichende Lagerung dieser wenig zu solchen Versuchen geeignete Substanz.

Es wird also auch begreiflich, dass man bei Bestimmung der absoluten Werthe für das Leitungsvermögen von Wolle, Seide, Baumwolle verschiedene Resultate erhalten kann, je nach dem Material, an welches man gerathen ist.

Von diesen Werthen will ich jenen für die Haarsubstanz, die Seide und die Pflanzenfasern zur Ableitung des relativen Leitungsvermögens im Verhältniss zur Luft weiter benützen, weil ja diesen Grundsubstanzen der Kleidung in allererster Linie für die weiteren Betrachtungen eine hohe Bedeutung zukommt.

Die Ausführung der Rechnung betreffend, verweise ich auf oben S. 310 Gesagte.

Es findet sich[1])

für Säugethierhaare das Leitungsvermögen = 9,00
für Seide . . . . = 16,66
für Pflanzenfaser . . . . = 26,67
jenes der Luft . . . . = 1,00.

Da diese Zahlen aus so vielen Einzelbestimmungen entstammen, so glaube ich, dass hier wirklich eine zuverlässige Angabe hinsichtlich des specifischen Leitungsvermögens der Grundstoffe vorliegt. Das geringste Leitungsvermögen besitzt Wolle, das grösste die Pflanzenfaser, dazwischen liegt der Werth für Seide.

Wir sind nunmehr auch in der Lage, nach absoluten Werthen die Wärmeleitung zu berechnen, da ja meinerseits der Werth für das Leitungsvermögen der Luft in absolutem Maasse bestimmt worden ist.

Tabelle XI.

Substanz	k.
Luft	0,0000532
Säugethierhaare	0,0004791
Seide	0,0008870
Pflanzenfaser	0,0014199

Die schlechtesten Wärmeleiter waren also Eiderdaunen, fast ganz identisch damit sind die Haare der Säugethiere bezüglich des Leitungsvermögens.

In einem grösseren Abstande folgt dann die Seide; die thierischen Substanzen leiten die Wärme weniger gut wie die pflanzlichen Substanzen.

---

1) Für Wolle ist $k_2 - \frac{2}{k_2} = \frac{3\,(1 \cdot 083 - 1)}{0{,}026} - 1$,

für Seide $k_2 - \frac{2}{k_2} = \frac{3\,(1 \cdot 152 - 1)}{0{,}026} - 1$,

für Pflanzenfaser $k_2 - \frac{2}{k_2} = \frac{3\,(1 \cdot 212 - 1)}{0{,}023} - 1$.

Der Umstand, dass das Vogelkleid, was die Grundsubstanz anlangt, an sich nicht wärmer ist als der Säugethierpelz, hat auch physiologisches Interesse. Die schlechte Wärmeleitung unserer Epidermis findet in der nahen Verwandtschaft ihrer chemischen Beschaffenheit zu den Haaren ausreichende Erklärung. Ich werde bei dem nächsten Abschnitt nochmal auf diese Frage des Leitungsvermögens der festen Substanzen zurückkommen.

Es ist eine wichtige Frage für alle weiteren Betrachtungen, ob das Wärmeleitungsvermögen mit der Dichte der Füllung des Calorimeters wächst und in welchem Zahlenverhältnis dieses geschieht.

Die Zunahme des Leitungsvermögens mit der Dichtigkeit habe ich in einer Serie von Versuchen geprüft. Es wurde zu diesen Experimenten Cal. III benützt, um die Correctionswerthe bei dichtester Füllung möglichst klein werden zu lassen. Es wurden je 2, 4, 6 g Grundsubstanz vor dem Versuch locker gezupft und dann eventuell stark in den Hohlraum zwischen beiden Cylindern gepresst. Ich glaube nicht, dass eine noch reichlichere Füllung als mit 6 g Substanz durchzuführen ist.

Da der Hohlraum zwischen den beiden Cylindern 51 ccm beträgt, so wären die specifischen Gewichte der Füllung — unter Vernachlässigung des Gewichtes der Luft

bei	2 g	=	0,0392
»	4 »	=	0,0786
»	6 »	=	0,1176

Daraus leitet sich die Raumerfüllung mit Luft und Grundstoff ab; indem man das specifische Gewicht der Stoffe noch in Rechnung zieht (rund 1,3)

bei	2 g	3 %	Substanz,	97 %	Luft
»	4 »	6 %	»	94 %	»
»	6 »	9 %	»	91 %	»

Auch in den maximalen Werthen wurde also die Dichtigkeit von Flanellgewebe nicht wesentlich überschritten, die der Tricotgewebe noch nicht erreicht.

Die Versuche über Wolle enthält die folgende Tabelle:

Tabelle XII.

Füllung	g	$\beta \log e$	k.	Relative Werthe $k\,M$
Luft	0	0,000380	0,0000588	100
Wolle	2	0,000410	0,0000685	106,4
Wolle	4	0,000445	0,0000757	128,7
Wolle	6	0,000463	0,0000803	136,4

Was die Werthe von $\beta \log e$ anlangt, so zeigen dieselben eine mit zunehmender Füllung wachsende Grösse und bringen in der That, das mit wachsender Füllung zunehmende Wärmeleitungsvermögen unmittelbar zum Ausdruck. Schon darin liegt ein nicht zu unterschätzender Vortheil der kleinen Calorimeter gegenüber den grossen, mit dicken Schichten Materials.

Wie die Werthe für k zeigen, steigt das Leitungsvermögen sehr erheblich an. Auch die relativen Zahlen lassen dies erkennen. Nennt man km das Wärmeleitungsvermögen der Substanz im Verhältnis zur Luft, k_1 das Leitungsvermögen der Luft, so kann man untersuchen, ob das Leitungsvermögen mit dem Gewichte der Füllung gleichmässig zunimmt oder nicht. Sei P das Gewicht der in den Hohlraum zwischen den Cylindern gebrachten Substanz, a ein constanter Faktor, so hat man

$$km = k_1 + a.\ P.$$

Diese Rechnung, für den vorliegenden Fall durchgeführt, würde geben:

k_1	km	P	a	Mittel für a
1	1·164	2	0,082	0,0716.
1	1·287	4	0,072	
1	1·364	6	0,067	

Die Uebereinstimmung von a ist eine befriedigende; das Leitungsvermögen wächst proportional der Füllung des Cylinderhohlraumes.

Bei Seide ergaben sich folgende Resultate:

Tabelle XIII.

Füllung	g	β log e	k.	Relative Werthe
Luft	0	0,000380	0,0000588	100
Seide	2	0,000415	0,0000686	116,6
Seide	4	0,000440	0,0000749	127,8
Seide	6	0,000463	0,0000802	136,3

Das Leitungsvermögen der Seide wächst ebenso mit zunehmender Dichtigkeit der Füllung, wie wir dies eben für die Wolle berichtet haben, und findet diese Eigenschaft unmittelbar im Steigen der Werthe für $\beta \log e$ ihren Ausdruck. Vergleicht man die beiden Tabellen für Wolle und Seide untereinander, so steht das Leitungsvermögen der Wolle bei 2 g Füllung unter der Seide, später aber werden sie sich ähnlicher in der Wärmeleitung. Dieses etwas paradoxe Resultat findet zum Theil darin seine Erklärung, dass Seide die Neigung hat, beim festen Eindrücken in den Hohlraum des Cylinders mit den Fasern eine mehr parallele Lagerung zu den Wärme abgebenden Flächen einzunehmen, ein Umstand, der gleichbedeutend ist mit einer Verminderung des Leitungsvermögens. An sich steht ja die Seide nicht sehr erheblich der Wolle hinsichtlich der letzteren ab.

Untersucht man für Seide die Beziehungen zwischen Dichte und Abnahme des Leitungsvermögens, nach den bei der Wolle gegebenen Voraussetzungen, so hat man:

k_l	km	P	a	Mittel für a
1	1·166	2	0,0830	
1	1·278	4	0,0695	0,0701.
1	1·363	6	0,0605	

Der Werth für a weist auf ein mit der Dichte sich änderndes Moment hin, wie wir dies bereits angedeutet haben. Ich habe versucht, die gleichmässigere Lage der Seide dadurch zu beeinflussen, dass ich dieselbe durch Wickeln über erwärmte Glasstäbe in Lockenform brachte. Der Werth für $\beta \log e$ blieb aber fast genau derselbe.

Für die Baumwolle enthält noch folgende Tabelle die einschlägigen Werthe:

Tabelle XIV.

Füllung	g	$\beta \log e$	k.	Relative Werthe
Luft	0	0,000380	0,00005884	100
Baumwolle	2	0,000446	0,00007435	126,3
Baumwolle	4	0,000490	0,00008305	141,1
Baumwolle	6	0,000572	0,00009854	167,4

Auch hier nimmt mit der Dichte, wie bei Wolle und Seide, das Leitungsvermögen zu. Für alle drei Füllungen zeigt sich bei Baumwolle, den übrigen Grundstoffen gegenüber, das grösste Leitungsvermögen.

Für das Wachsthum der Leitungsconstante mit Füllung des Calorimeters erhält man folgende Werthe:

k_1	km	P	a	Mittel für a
1	1,263	2	0,131	
1	1,411	4	0,103	0,115.
1	1,674	6	0,112	

Die Constante a differirte etwas in den drei Reihen, es lässt sich aber weder ein constantes Wachsen, noch ein Sinken derselben nachweisen. Die Differenzen müssen also von zufälligen Umständen beeinflusst gewesen sein.

Für Baumwolle hat auch schon Schuhmeister in vier Versuchen darthun können, dass ein mit der Dichte unregelmässiges Wachsthum des Leitungsvermögens nicht zu finden sei, dass vielmehr alle Werthe nur für ein proportionales Wachsthum sprechen.

Stellt man die Constanten a sich gegenüber, so hat man

für Wolle 0,0716
» Seide 0,0707
» Baumwolle 0,1150,

also bei den Constanten fast jene Reihenfolge von Leitungsvermögen, auf welche wir bis jetzt immer gestossen sind.

Meine Untersuchungen begründen ausreichend den allgemeinen Satz: Dass mit der Veränderung der Dichte eines Gemenges von Luft und Kleidungsgrundstoffen das

Wärmeleitungsvermögen sich ändert wie die Gewichte der Grundsubstanz.

Rumford hat mittels des von ihm angegebenen Apparates die Abkühlungszeiten bestimmt, bei verschiedener Füllung. Sein Apparat fasste 2,057 Cubik-Zoll[1]); diesen füllte er mit 16, 32, 64 gran Eiderdaunen, was etwa 2, 4, 8% Raumfüllung entsprach. Die Abkühlungszeiten von 70° bis 10° R waren 1284″, 1169″, 917″. Diese Versuche scheinen wenig oder gar nicht beachtet worden zu sein; sie gaben das allgemein richtige Resultat, dass die Wärmeleitung mit der Dichte zunimmt.

Die vorliegenden Messungen geben mir Veranlassung, nochmals auf das Leitungsvermögen der festen Stoffe einzugehen; wir haben früher die Experimente mit je 2 g Füllung, dagegen hier mit 6 g Füllung vorgenommen. Der Vergleich einzelner Substanzen bei jeder Füllung führt fast zu denselben Relationen.

In diesen Experimenten war eine deutsche Rohwolle und chinesische Seide verwendet worden; in allen Fällen stellt sich für Wolle und Seide nahezu ganz gleich im Wärmeleitungsvermögen. Zuerst dachte ich ausschliesslich, dass die Seide durch Ungleichheit der Lagerung eine Differenz gäbe. Aber alle Wiederholungen, auch nach dem Locken der Seide mittels Brennen, gaben keine Aenderung des relativen Leitungsvermögens. Auch die Trocknung der Substanzen bei 100° ändert nichts an den gegenseitigen Beziehungen. Ich möchte nicht verabsäumen die Zahlen für das relative Leitungsvermögen noch anzufügen, weil sie ein Bild für die Schwankungen des Leitungsvermögens, auf die man gefasst sein muss, geben.

Nachstehende Tabelle enthält kurz die Ergebnisse:

Leitungsvermögen des festen Grundstoffes.
Luft = 1.

Material	Wolle	Seide	Baumwolle
Mittel aus verschiedenem Material . . .	9,0	16,66	26,67
Aus Versuchen mit je 6 g, lufttrocken .	13,33	13,12	28,37
Aus Versuchen bei 100° trocken . . .	11,42	11,88	28,99

1) Mém. sur la chaleur, p. 30.

2) Ibid., p. 25.

Die Feuchtigkeit verändert zwar die Relation zu Luft bei Wolle und Seide, dagegen nicht bei Baumwolle, welche in allen Experimenten die constantesten Verhältnisse zeigt. Die Relation von Seide und Wolle ändert sich insoferne, als die Wolle etwas weniger gut leitet als die Seide.

Die Stefan'sche Methode hat sich also zur Lösung fast aller Fundamentalfragen als brauchbar erwiesen und sie wird in der Zukunft nicht mehr entbehrt werden können, um die Eigenschaft eines Grundstoffes oder Kleidungsmaterials exakt zu untersuchen.

Sie hat aber eine Begrenzung für ihre Anwendung zur exakten Messung. Diese findet sich begründet in dem Verhältnis des Wasserwerthes der Füllung zu dem Innencylinder und einer Unmöglichkeit, Innencylinder von beliebigem Wasserwerth zu verwenden. Die Ableitung des Temperaturgefälles in dickeren Schichten der Füllung unterliegt mannigfachen Schwierigkeiten.

Gleichzeitig und zum Theil noch vor Benützung des Stefanschen Calorimeters hatte ich mir ein Calorimeter construirt, welches im völligen Wärmegleichgewicht den Wärmedurchgang durch Grund- und Kleidungsstoffe messen lässt. Die Berechnung der, mittels dieses Calorimeters angestellten Versuche ist eine elementare und die Füllung kann eine beliebige Dichtigkeit besitzen.

b) Versuche mit dem Durchströmungsapparat.

Die Anwendung des Stefan'schen Calorimeters zur Messung des Wärmedurchtritts durch grössere Stoffmengen begegnet nach dem Vorstehenden gewissen Schwierigkeiten an der Ausführung und Berechnung. Freilich ist die Methode nach anderen Richtungen hin sehr einfach, wenn man sich der von uns gewählten Modification bedient.

Ich habe mich zur vergleichenden Untersuchung noch einer zweiten Methode bedient, welche den Wärmedurchtritt im Gleichgewichtszustande maass. Die zu untersuchende Substanz wurde, wie bei dem Stefan'schen Calorimeter, in den Hohlraum zweier Cylinder eingebracht und durch den inneren Cylinder mit einer gewissen messbaren Menge von Wärme ver-

sehen. Im Einzelnen hatte dieser Apparat, den ich Durchströmungsapparat heissen will, folgende Einrichtung.

Ich liess mir aus Messingblech zwei ineinander passende Cylinder anfertigen. Der äussere hatte in einem Fall eine Höhe von 22 cm und einen Durchmesser von 8 cm, der innere eine Höhe von 20 cm und einen Durchmesser von 6 cm.

Der äussere Cylinder hatte einen Hohlraum von	1104,4	ccm
der innere Cylinder von	565,2	»
so dass also ein freier Raum von . . .	539,2	ccm

zwischen beiden eingeschlossen war.

Dieser Raum — mit einer Schichtdicke von 10 mm — wurde mit den auf ihr Wärmeleitungsvermögen zu prüfenden Substanzen gefüllt.

Dann sollte:

1. der äusseren Begrenzungsfläche gleichmässig Wärme entzogen werden;
2. dem inneren Cylinder eine messbare Menge von Wärme zugeführt werden.

Der innere Cylinder wurde durchzogen von einer Metallspirale, deren Zuführungs- und Abführungsröhre an zwei räumlich möglichst getrennten Punkten des Deckels sich befanden. Durch diese Spirale wurde warmes Wasser geleitet, dessen Einströmungstemperatur und Abströmungstemperatur genau gemessen werden konnte. Die Thermometer blieben in allen Versuchen absolut genau an der nämlichen Stelle des Ein- und Abstroms. Das den Apparat durchströmende Wasser wurde durch ein Gefäss geliefert, welches ca. 1 m über dem Einstrom lag. Das Wasser wurde durch einen Soxhlet-Regulator auf gleicher Temperatur erhalten; das Druckgefäss hatte Zulauf aus der Wasserleitung und einen Ueberlauf.

Das durch den inneren Cylinder geleitete Wasser wurde gesammelt, gewogen oder gemessen, die Menge des Wassers, multiplicirt mit der Temperaturdifferenz zwischen Ein- und Abstrom ergab die zu Verlust gegangenen, d. h. durch die Kleidungsstoffe hindurchgewanderte Wärme. — Diese Messung kann nur gleichheitliche Resultate geben, wenn die Thermometer

genauestens an derselben Stelle des Ein- oder Abstroms liegen bleiben.

Die Wärmekapazität von Flüssigkeiten nimmt im Allgemeinen etwas mit der Temperatur zu. Da wir bei den Durchströmungsversuchen Wasser mit 40—45° anwandten, so ist genau genommen, was wir durch Multiplication des durchströmenden Wassers mit der Temperaturdifferenz erhalten, nicht mit den üblichen Calorien identisch.

Die spezifische Wärme des Wassers beträgt zwischen 40—50° 1,003 — 1,0042. Für die relativen Messungen ist dieser Umstand ohne allen Belang, weil überall in gleicher Weise verfahren wurde; für die absoluten Messungen oder Berechnungen wird aber die entsprechende Correction zu machen sein. (+ 0,36 %.)

Wollte man Ein- und Abstrom-Thermometer beliebig verschieben, so würden damit auch die Einzelwerthe ungleich werden. Berücksichtigt man diesen Umstand, so wird es selbstverständlich, dass man alle Mühe anwenden muss, die Thermometer mit ihrer Cuvette eben an den Einstrom und Ausstrom des Wassers in den inneren Cylinder zu legen. So lange die Wärmeentziehung eine nur geringe ist, wie z. B. bei Anwendung von trockenen Stoffen oder Luft, hat die gedachte Ungleichheit der Stellung wenig zu bedeuten. Anders bei Füllung mit feuchten Stoffen. Um kleinere Differenzen abzugleichen, liess ich daher die Serien so anstellen, dass bei der Hälfte der Versuche der Wasserstrom die umgekehrte Richtung nahm. Ganz zu compensiren ist ein Fehler der Stellung durch den besprochenen Kunstgriff nicht, aber erhebliche Irrthümer kann man bei vorsichtigem Einsetzen der Thermometer gar nicht machen.

Zwischen dem Ein- und Abstromrohr des inneren Cylinders befand sich ein Röhrchen zur luftdichten Einführung eines Thermometers in den inneren Cylinder, um die hier herrschende mittlere Lufttemperatur zu erfahren. Sie lässt sich ja im Allgemeinen nicht dem Abstromthermometer gleichsetzen.

Diese Anordnung der Messung der Temperatur des inneren Cylinders mittelst eines Thermometers ist nicht allgemein zulässig.

Zwar kommt die Luft in dem Hohlraum des inneren Cylinders nicht zur Ruhe und die Wärme wird durch die bis nahe an den Boden reichende Spirale allen Schichten zugeführt; die Anordnung der Versuche ist also nicht etwa gleichbedeutend mit der Einführung eines Thermometers in einen Hohlraum, der etwa nur von aussen Wärme erhält oder sich rasch in der Temperatur ändert.

Für diejenigen Fälle aber, bei denen eine ungemein starke Wärmeabgabe aus dem inneren Cylinder beansprucht wird, weicht diese Art der Mitteltemperaturmessung nicht aus, weshalb ich später andere Anordnungen traf.

Es musste daher einwandsfrei die Mitteltemperatur des inneren Cylinders bestimmt werden, was wie folgt geschah.

Der innere Cylinder erhielt ein Thermometer, dessen Hülle zweimal durchbohrt war, so dass dasselbe, in der Ansatzröhre des inneren Cylinders befestigt, zu gleicher Zeit eine Verbindung mit der Aussenluft herstellte, die aber nur zeitweise wirklich bestand. Denn das obere Ende des Thermometers war mit einem Kautschukschlauch verbunden, der zunächst zu einem Dreiweghahn und von da zu einem Manometer führte. Es konnte beliebig die Communication mit der freien Luft und mit dem Manometer hergestellt werden. Vor dem Versuch wurde der Apparat (ohne Strömung) ins Wärmegleichgewicht gebracht, die Temperatur im Innern des Cylinders abgelesen, dann der Dreiweghahn umgestellt und nun die Druckzuwächse gemessen.

Der Deckel des äusseren Cylinders war so durchschnitten, dass die drei genannten Röhren des inneren Cylinders oben durchgesteckt werden konnten; diese Oeffnung im Deckel war durch angesetzte Blechstücke zu einer Art Kanal umgewandelt, damit der Apparat vollkommen unter Wasser getaucht werden konnte, ohne dass letzteres durch die obere Oeffnung einströmte.

War der Hohlraum zwischen den Cylindern mit Watte, Stoff u. s. w. gefüllt, so wurde der Deckel aufgesetzt, mit Wachs verklebt und nun der Apparat ganz unter Wasser versenkt und

durch eine einfache Vorrichtung festgehalten. Er befand sich da innerhalb eines grösseren Wassergefässes, welches vom Leitungswasser rasch durchströmt wurde und constante Temperatur besass.

Mit den Versuchen wurde erst begonnen, nachdem Ein- und Abstromthermometer constante Differenz aufwiesen, also nachdem der Apparat im Wärmegleichgewicht sich befand; die Zeitdauer einer Reihe war 25 Minuten für je einen Versuch.

Mit je einer Stoffart wurden nicht nur eine grössere Anzahl von Einzelversuchen, sondern zum Mindesten zwei Serien solcher Versuche ausgeführt, worunter ich verstehe, dass der Apparat vor Beginn der neuen Serie vollständig auseinander genommen, die Füllung erneut und dann die Theile neu zusammengefügt wurden.

Eine besondere Aufmerksamkeit wurde auf die Vermeidung des Eindringens von Wasser in den Hohlraum der Cylinder gerichtet; dasselbe macht sich übrigens sofort durch ein ungewöhnlich hohes Wärmeleitungsvermögen bemerkbar.

Das Versuchsmaterial wurde vor dem Einbringen und nach Beendigung des Versuches gewogen, um die Wasserdampfaufnahme constatiren zu können. Dieselbe war in allen Versuchen vorhanden, aber so unbedeutend, dass die Stoffe als „trocken" zu betrachten sind.

Ich will zunächst diejenigen Versuchsreihen mittheilen, bei welchen das einfache Quecksilberthermometer im inneren Hohlraum angebracht war. Als Beispiel für die Ausführung dieser Versuche mag folgende Tabelle über L u f t f ü l l u n g dienen. (Folgt Tabelle XV auf S. 367.)

Die Zeitdauer der Versuche war in allen diesen Reihen zu 25 Minuten angenommen. Im Mittel gingen 0,046 Cal. an Wärme verloren. Aehnliche und übereinstimmende Resultate gaben die später zu berichtenden Reihen mit 0,042 Cal. Im Gesammtmittel kann demnach 0,0440 Cal. als Wärmedurchgang bei Luftfüllung angenommen werden. Mit diesem Resultat stimmen auch spätere Prüfungen, welche mit dem gleichen Instrument, aber unter Anwendung des ganzen Innenraumes als Luftthermo-

meter gewonnen waren, vollkommen überein. Der Wärmedurchgang ist bei unserer Versuchseinrichtung ein ganz erheblicher.

Tabelle XV.

Luftfüllung.

Serie	Versuch	Mittl. Temp. Einstr.	Mittl. Temp. Abstr.	Differenz	Temp. des inneren Cylind.	Wassermenge in ccm	Cal.	Temp. des Wasserbades	Pro 1° Temper.-Differenz Cal.	Mittel
I.	1.	51,0	48,8	2,2	48,8	624	1,461	16,5	0,0452	
	2.	50,3	47,9	2,4	47,8	605	1,452	16,5	0,0463	0,0463
	3.	48,8	46,3	2,5	46,3	559	1,397	16,5	0,0468	
	4.	48,1	45,6	2,5	45,8	548	1,370	16,5	0,0467	
					47,8		1,420			

Diese Zahlen, welche wir für die Luftfüllung der Apparate erhalten, können nicht unmittelbar als ein Ausdruck der Wärmeleitung der Luft angesehen werden; neben der letzteren war auch noch Wärme durch Strahlung übertragen. Wie schon bei dem Stefan'schen Calorimeter näher erörtert wurde, kann dieser Antheil bei 10 mm Abstand der Wärme übertragenden Fläche nicht als verschwindend klein betrachtet werden. (S. o.)

Füllt man in den Hohlraum unseres Durchleitungsapparates verschiedene Grundstoffe, aus welchen die Kleidung hergestellt zu werden pflegt, so lässt sich deutlich nachweisen, dass eine Veränderung im Wärmedurchgang vorhanden ist. Eine nothwendige Voraussetzung jedweden Vergleichs besteht darin, dass man für diese Fälle der Prüfung gleichviel der verschiedenartigen Substanzen in den Hohlraum in möglichst gleichartiger Vertheilung bringt. Das Letztere erreicht man freilich nicht immer gerade leicht; man kann ja schliesslich nicht an allen Stellen beobachten, ob gleiche Lockerung vorhanden ist. Mit einiger Uebung lernt man, davon habe ich mich bei gelegentlicher Benutzung von Glasröhren und deren Füllung überzeugt, eine ausreichend gleiche Vertheilung zu erzielen.

Zur Feststellung der ersten Thatsache, ob überhaupt mit der Dichte der Füllung das Wärmeleitungsvermögen zunimmt, bediente

ich mich der Wolle, Baumwolle (Watte), Seide (Coconsseide) und der Leinen-Charpie.

Es wurden je zwei Versuchsserien angestellt, die eine bei einem specifischen Gewicht von 0,025, die andere bei 0,129. 0,025 kommt bei Kleidungsstoffen nie zur Beobachtung, wohl dagegen 0,129—0,110.

Ueber Wolle und Baumwolle geben die folgenden Tabellen im Einzelnen Auskunft. (Tabellen XVII und XVIII s. S. 369.)

Tabelle XVI.

Wolle.

Serie	Versuch	Mittl. Temp.		Differenz	Temp. des inneren Cylind.	Wasser-menge in ccm	Cal.	Temp. des Wasser-bades	Pro 1° Temper.-Differenz Cal.	Mittel
		Einstr.	Abstr.							
I.	1.[1])	50,0	48,5	1,5	47,7	964	1,446	15,0	0,0442	
	2.	51,0	49,4	1,6	48,8	947	1,515	15,0	0,0448	0,0447
	3.	50,0	48,9	1,6	48,4	941	1,506	15,0	0,0150	
	4.	48,9	47,1	1,8	46,9	780	1,404	15,0	0,0448	
II.	1.[2])	50,34	49,49	0,85	48,38	1736	1,476	15,0	0,044	
	2.	47,42	46,10	1,32	45,28	1064	1,409	15,4	0,047	0,0465
	3.	46,86	45,53	1,33	44,80	1070	1,423	15,5	0,048	
	4.	47,50	46,16	1,34	45,20	1047	1,400	15,5	0,047	

Den Tabellen ist beigefügt, wie viel Material Verwendung fand, und welche Veränderung der Wassergehalt im Laufe der verschiedenen Serien erfahren hatte. Konnte also auch das Anziehen von hygroskopischem Wasser nicht ganz vermieden werden, so war dessen Menge doch nur sehr gering. Wahrscheinlich fand die Aufnahme des Wasserdampfes während des Einfüllens, wo der Stoff gelockert und zerzupft werden musste, statt.

Die Einzelergebnisse stimmen unter einander sehr gut überein.

---

1) 13,25 g Wolle vor dem Versuch, 13,57 g nach dem Versuch, spec. Gewicht = 0,025.

2) 13,50 g Wolle vor dem Versuch, 13,95 g nach dem Versuch, spec. Gewicht = 0,025.

Tabelle XVII.

Baumwolle.

Serie	Versuch	Mittl. Temp. Einstr.	Mittl. Temp. Abstr.	Differenz	Wassermenge in ccm	Cal.	Temp. der Wasserbades	Temp. des inneren Cylind.	Pro 1° Temper.-Differenz Cal.	Mittel
I.	1.[1])	52,4	51,4	1,0	1739	1,739	16,5	50,2	0,0480	
	2.	49,2	48,0	1,2	1066	1,279	17,0	47,3	0,0436	0,0446
	3.	48,9	47,7	1,2	1063	1,275	17,0	47,1	0,0449	
	4.	48,7	47,5	1,2	1053	1,264	17,0	47,0	0,0420	
II.	1.[2])	50,86	49,78	1,08	1453	1,569	15,0	49,46	0,044	
	2.	46,39	45,04	1,35	1053	1,423	15,0	45,16	0,047	0,0462
	3.	46,02	44,22	1,30	1032	1,312	15,0	44,87	0,045	
	4.	45,90	44,45	1,45	1015	1,472	15,0	44,57	0,049	

Tabelle XVIII.

Baumwolle und Wolle.

Serie	Versuch	Mittl. Temp. Einstr.	Mittl. Temp. Abstr.	Differenz	Wassermenge in ccm	Cal.	Temp. des Wasserbades	Temp. des inneren Cylind.	Pro 1° Temper.-Differenz Cal.	Mittel
I.	1.[3])	46,0	44,3	1,7	876	1,489	15,0	43,2	0,0524	
	2.	45,9	44,2	1,7	875	1,487	15,0	43,2	0,0527	0,0539
	3.	45,5	43,72	1,78	868	1,575	15,0	42,8	0,0565	
	4.	45,1	43,3	1,80	825	1,485	15,0	42,4	0,0540	
II.	1.[4])	48,9	47,1	1,80	909	1,636	14,75	46,6	0,051	
	2.	49,0	47,2	1,8	907	1,633	15,0	46,5	0,051	0,0513
	3.	48,1	46,04	2,06	765	1,576	15,0	45,84	0,051	
	4.	48,5	46,5	2,0	809	1,618	15,0	46,1	0,052	

In allen Fällen, sowohl bei Wolle als bei Baumwolle, zeigt sich unverkennbar, dass jedenfalls bei

1) 13,7 g vor dem Versuch; 14,08 g nach dem Versuch; 0,025 spec. Gewicht.

2) 13,5 g vor dem Versuch; 13,95 g nach dem Versuch; 0,025 spec. Gewicht.

3) Angewendet 69,8 g Watte, nachher 71,0; 0,129 spec. Gewicht.

4) Angewendet 58,4 g Schafwolle, nachher 60,0; 0,108 spec. Gewicht.

stärkerer Füllung des Hohlraums mit den zur Kleidung verwendeten Materialien die Wärmeleitung günstiger geworden ist.

Bequemer wird die Uebersicht, wenn man sämmtliche Versuche in eine Generaltabelle vereinigt, wie dies nachfolgend geschehen ist.

Tabelle XIX.

Füllung	Specifisches Gewicht		
	0[1])	0,025	0,129[2])
Luft	0,0440	—	—
Wolle	—	0,0456	0,0510
Baumwolle	—	0,0454	0,0539

Bei 0,025 sp. Gewicht bleibt es noch unsicher, ob ein derart mit kleinen Materialmengen und nur theilweise erfüllter Raum sich von einfacher Luftfüllung unterscheidet. Aber die Gesammtheit der Versuche lässt auch bei dieser Füllung keinen Zweifel, dass die Wärmedurchgängigkeit etwas zugenommen hat.

Betrachtet man den Stab für 0,129 sp. Gewicht, so kann füglich kein Zweifel mehr über die Thatsache sein, dass die Kleidungsstoffe selbst ein grösseres Wärmeleitungsvermögen besitzen müssen, als die Luft. Obschon bei den letztberührten Reihen erst 13 % der Hohlräume mit festen Stoffen gefüllt waren und 87 % Luftfüllung vorhanden war, machte sich der bessere Wärmeleiter, der Kleidungsstoff, wohl bemerkbar. Unterschiede in der Wärmeleitung liegen bei Wolle, Seide, Baumwolle, Leinen anscheinend vor. Wenigstens sind die bei dichter Füllung gewonnenen Leitungswerthe nicht identisch.

Wolle und Baumwolle stehen sich aber so nahe, dass man bei diesen Experimenten kaum mit Sicherheit die kleinen Differenzen im Sinne specifischer Verschiedenheit würde deuten dürfen.

Jedenfalls liess sich aus den Versuchen die eine Thatsache feststellen, dass in erster Linie bei dem Leitungsvermögen die

1) Die Luft = 0 gesetzt.

2) Bei Wolle etwas niedriger.

Dichtigkeit des Stoffes, in zweiter Linie erst die Natur der Grundsubstanz in Frage kommen wird.

Um diesen Satz, dass mit der Dichtigkeit an fester Substanz das Leitungsvermögen der Kleidungstoffe und ähnlicher Materialien zunimmt, noch weiter zu erhärten, liess ich noch eine Reihe ähnlicher Experimente mit je 13 und je 70 g Substanz ausführen: Die Constante des Apparates für Luft wurde nicht erhoben, weshalb die Zahlen nur unter sich selbst vergleichbar sind. Sie beweisen mit aller Sicherheit, dass die Grundsubstanzen unseres Kleidungsmaterials keineswegs dasselbe Wärmeleitungsvermögen wie die Luft besitzen können; das letztere muss erheblich kleiner als jenes der festen Stoffe sein.

Tabelle XX.

Füllung	Specifisches Gewicht	
	0,025	0,129
Coconseide	0,0521	0,0558
Werg	0,0446	0,0505
Grobe Leinencharpie . . .	0,0572	0,0727
Bettfedern	0,0430	0,069

Bei anderen hier nicht zu berührenden Experimenten entdeckte ich eine Fehlerquelle, welche bei geringer Dichtigkeit der Füllung auf das Endresultat der Vergleichung zwischen Luft und Kleidungsgrundstoffe keinen Einfluss übt bei grosser Dichtigkeit des Stoffes, aber dessen Wärmedurchgängigkeit erscheinen lässt. Wenn der Cylinder reichlich Wärme nach aussen abgiebt, so macht das Thermometer im inneren Cylinder, obwohl anscheinend überall ein Gleichgewichtszustand vorhanden sein soll, zu geringe Angaben. Dieser Umstand bestimmte mich zur Umänderung des Apparates und nochmaliger Wiederholung aller Experimente.

Die vorhergehenden Versuche haben aber gezeigt, dass die Unterschiede im Leitungsvermögen ungleich dichter Stoffe sich nur innerhalb mässiger Grenzen bewegen werden, und dass

es jedenfalls der grössten Aufmerksamkeit und Gleichmässigkeit in den Versuchen bedarf, sichere Zahlen zu erhalten. Ich habe daher die Experimente alle noch in der Art wiederholen lassen, dass wir namentlich die Mitteltemperatur des inneren Cylinders durch ein Luftthermometer controllirten. Wie dies geschehen konnte, habe ich schon früher erwähnt; der Apparat wurde zuerst ins Wärmegleichgewicht gebracht, dann der innere Cylinderluftraum durch den Hahn abgeschlossen und die Communication mit einem Quecksilbermanometer herbeigeführt. Die Ausschläge des Letzteren wurden dann in üblicher Weise auf Temperaturgrade umgerechnet und zu den Temperaturangaben vor der Durchleitung von warmen Wasser hinzugezählt. Bei Ausführung dieser Experimente hat mich Dr. Wolpert in dankenswerthester Weise unterstützt. Von den sehr zahlreichen Messungen will ich nur einige nach den Aufschreibungen des Protokolls hier mittheilen. Zur Abkürzung der Ausdrucksweise haben wir folgende Bezeichnungen gewählt.

M = durchgeflossene Wassermenge, gr.
tz = Temperatur des Zuflusswassers.
ta = » » Abflusswassers.
tm = » » mittleren Cylinders während des Versuchs.
tk = » » Kühlwassers.
t = » » mittleren Cylinders zu Beginn des Versuchs (Ausgangstemperatur).
z = Durchflusszeit, durchweg 1500 Secunden.
S = Luftspannung bei tm^0 (tm^0 aus Spannungsplus = n · mm · Hg gesucht).
s = Luftspannung bei t^0.

1. Luft I.

M	tz	ta	$ta-tz$	z	(tm) Thermomet.	tm aus Sp.-Pl. Manometer	tk
g						Sp.-Pl. =	
0	42,25°	40,88°	1,38°	0″	37,50°	56 mm	15,0°
210	42,00	40,75	1,25	300	37,50	56 »	15,0
400	42,00	40,63	1,38	600	36,00	56 »	15,0
600	41,88	40,50	1,38	900	36,00	55,5 »	15,0
790	42,00	40,50	1,50	1200	35,88	55,5 »	15,0
960	42,13	40,50	1,63	1500	35,88	55,5 »	15,2
			Mittel = $\frac{8,50}{6}$ =		Mittel = $\frac{218,75}{6}$ = 36,46°	Mittel = 334,5 : 6 = 55,75; Mittel v. tm = [(55,75 × 0,38) + t]°	Mittel = (90,2 : 6)°
960			1,42°	1500″		36,19°	15,03°

Spannungsgleichheit bei Ausgangstemperatur t = 15,0°.

$$K = \frac{M\ (tz - ta)}{z\ (tm - tk)} = \frac{960 \times 1,42}{1500\ (36,19 - 15,03)} = 0,043.$$

2. Luft II.

M	tz	ta	$tz-ta$	z	(tm) Thermomet.	tm aus Sp.-Pl. Manometer	tk
g						Sp.-Pl. =	
0	42,00°	40,50°	1,50°	0″	36,00°	55,5 mm	15,2°
175	42,12	40,50	1,62	300	36,12	55,5 »	15,2
350	41,75	40,38	1,38	600	36,00	55,5 »	15,2
525	41,88	40,12	1,25	900	35,62	54,5 »	15,2
700	41,50	40,12	1,38	1200	35,38	54,25 »	15,2
870	42,00	40,38	1,62	1500	35,50	54,25 »	15,2
			Mittel = $\frac{8,55}{6}$ =		Mittel = $\frac{214,62}{6}$ = 35,77°	Mittel = 329,5 : 6 = 54,92; Mittel v. tm =	Mittel = (— : 6)°
870			1,43°	1500″		35,87°	15,20°

Spannungsgleichheit bei Ausgangstemperatur t = 15,0°.
K = 0,041.

3. Luft III (Umkehr).

M	*tz*	*ta*	*tz—ta*	*z*	(*tm*) Thermomet.	*tm* aus Sp.-Pl. Manometer	*tk*
g						Sp.-Pl =	
0	40,50°	39,25°	1,25°	0″	35,37°	49,50 mm	15,1°
180	40,50	39,12	1,37	300	35,50	49,75 »	15,1
355	40,25	39,00	1,25	600	35,37	49,50 »	15,1
530	40,50	39,13	1,38	900	35,38	49,75 »	15,0
700	40,75	39,25	1,50	1200	35,50	49,75 »	15,0
870	41,00	39,25	1,75	1500	35,50	49,75 »	15,0
			Mittel = $\frac{8,50}{6}$ =		Mittel = $\frac{212,62}{6}$ = 35,44°	Mittel = 298 : 6 = 49,67	Mittel = (90,3 : 6)°
870			1,42°	1500″		Mittel v. *tm* = 33,87°	15,05°

Spannungsgleichheit bei Ausgangstemperatur $t = 15,0°$.
$K = 0,044$.

4. Luft IV (Umkehr).

M	*tz*	*ta*	*tz—ta*	*z*	(*tm*) Thermomet.	*tm* aus Sp.-Pl. Manometer	*tk*
g						Sp.-Pl. =	
0	42,37°	40,88°	1,50°	0″	36,00°	50,50 mm	15,0°
170	42,62	41,12	1,50	300	36,00	50,50 »	15,0
340	42,50	41,12	1,37	600	36,00	50,50 »	15,1
500	42,00	40,62	1,38	900	35,62	50,00 »	15,1
660	41,50	40,00	1,50	1200	35,38	49,25 »	15,1
810	41,38	39,88	1,50	1500	35,00	48,50 »	15,1
			Mittel = $\frac{8,75}{6}$ =		Mittel = $\frac{214,00}{6}$ = 35,67°	Mittel = 299,25:6= 49,88	Mittel = (90,4 : 6)°
810			1,46°	1500″		Mittel v. *tm* = 33,95°	15,07°

Spannungsgleichheit bei Ausgangstemperatur $t = 15,0°$.
$K = 0,042$.

5. Baumwolle, lufttrocken I.

M	*tz*	*ta*	*tz*—*ta*	*z*	(*tm*)	*tm* aus Sp.-Pl.	*tk*
g						Sp.-Pl. =	
0	41,12°	39,50°	1,62°	0″	36,50°	51,50 mm	15,5°
190	41,00	39,37	1,62	300	36,38	51,25 »	15,5
370	40,25	38,62	1,63	600	36,12	50,75 »	15,4
520	40,12	38,62	1,50	900	35,62	50,75 »	15,4
670	40,00	38,38	1,63	1200	35,50	50,75 »	15,4
830	40,13	38,38	1,75	1500	35,50	50,75 »	15,4
			Mittel = $\frac{9,75}{6}$ =		Mittel = $\frac{215,62}{6}$ = 35,94°	Mittel = 305,75:6 = 50,96	Mittel = (92,6 : 6)°
830			1,63°	1500″		Mittel v. *tm* = 34,79°	15,43°

Spannungsgleichheit bei Ausgangstemperatur t = 15,43°.
K = 0,047.

6. Baumwolle, lufttrocken II.

M	*tz*	*ta*	*tz*—*ta*	*z*	(*tm*)	*tm* aus Sp.-Pl.	*tk*
g						Sp.-Pl. =	
0	42,75°	40,88°	1,87°	0″	37,62°	54,0 mm	15,4°
180	42,75	41,00	1,75	300	37,75	54,0 »	15,4
350	42,50	42,62	1,87	600	37,62	54,0 »	15,4
510	42,50	40,62	1,87	900	37,62	54,0	15,4
670	42,62	40,75	1,88	1200	37,63	54,0	15,4
830	42,63	40,75	1,88	1500	37,63	54,0 »	15,4
			Mittel = $\frac{11,12}{6}$ =		Mittel = $\frac{225,87}{6}$ = 37,65°	Mittel = (— : 6) = 54,0	Mittel = (— : 6)°
830			1,85°	1500″		Mittel v. *tm* = 35,95°	15,40°

Spannungsgleichheit bei Ausgangstemperatur t = 15,43°.
K = 0,050.

7. Baumwolle, lufttrocken III (Umkehr).

M	*tz*	*ta*	*tz—ta*	*z*	(*tm*)	*tm* aus Sp.-Pl.	*tk*
g						Sp.-Pl. =	
0	41,00°	39,25°	1,75°	0"	36,25°	51,50 mm	15,4°
180	41,00	39,25	1,75	300	36,25	51,50 »	15,4
350	41,25	39,50	1,75	600	36,37	51,50 »	15,4
520	41,50	39,62	1,87	900	36,50	51,75 »	15,4
680	41,37	39,50	1,87	1200	36,50	51,75 »	15,4
845	41,50	39,63	1,88	1500	36,50	52,00 »	15,4
			Mittel = $\frac{10,87}{6}$ =		Mittel = $\frac{218,37}{6}$ = 36,39°	Mittel = 310 : 6 = 51,67	Mittel =
						Mittel v. *tm* =	
845			1,81°	1500"		35,06°	15,40°

Spannungsgleichheit bei Ausgangstemperatur = 14,43°.
K = 0,052.

8. Baumwolle, lufttrocken IV (Umkehr).

M	*tz*	*ta*	*tz—ta*	*z*	(*tm*)	*tm* aus Sp.-Pl.	*tk*
g						Sp.-Pl. =	
0	41,37°	39,62°	1,75°	0"	36,50°	51,75 mm	15,4°
160	41,50	39,62	1,87	300	36,62	51,75 »	15,5
320	41,50	39,62	1,87	600	36,63	51,75 »	15,5
470	41,25	39,38	1,88	900	36,50	51,50 »	15,5
625	41,37	39,38	2,00	1200	36,50	51,75	15,5
770	41,38	39,38	2,00	1500	36,50	51,75 »	15,5
			Mittel = $\frac{11,37}{6}$ =		Mittel = $\frac{219,25}{6}$ = 36,54°	Mittel = 310,25:6 = 51,71	Mittel = (92,9 : 6)°
						Mittel v. *tm* =	
770			1,90°	1500"		35,08°	15,48°

Spannungsgleichheit bei Ausgangstemperatur *t* = 15,43°.
K = 0,050.

9. Wolle, lufttrocken I.

M	*tz*	*ta*	*tz—ta*	*z*	(*tm*)	*tm* aus Sp.-Pl.	*tk*
g						Sp.-Pl. =	
0	42,00°	40,25°	1,75°	0″	36,75°	50,75 mm	15,8°
190	41,88	40,12	1,75	300	36,75	51,25 »	15,8
370	41,62	40,00	1,62	600	36,87	51,25 »	15,8
555	41,75	40,25	1,50	900	37,00	51,25 »	15,8
735	41,62	40,00	1,62	1200	36,88	51,25 »	15,8
910	41,50	89,38	1,63	1500	36,75	51,25 »	15,8
			Mittel = $\frac{9,87}{6}$ =		Mittel = $\frac{221,00}{6}$ = 36,83°	Mittel = 307,00:6 = 51,17	Mittel = (— : 6)°
						Mittel v. *tm* =	
910			1,65°	1500″		35,18°	15,80°

Spannungsgleichheit bei Ausgangstemperatur *t* = 15,74°
K = 0,052.

10. Wolle, lufttrocken II.

M	*tz*	*ta*	*tz—ta*	*z*	(*tm*)	*tm* aus Sp.-Pl.	*tk*
g						Sp.-Pl. =	
0	41,88°	42,25°	1,62°	0″	36,87°	51,75 mm	15,8°
180	41,75	40,12	1,62	300	37,00	51,75 »	15,8
345	42,25	40,37	1,87	600	37,00	52,00 »	15,8
510	42,00	40,25	1,75	900	37,25	52,25 »	15,9
670	42,12	40,25	1,88	1200	37,25	53,25 »	15,9
830	42,25	40,38	1,88	1500	37,25	52,25 »	15,8
			Mittel = $\frac{10,62}{6}$ =		Mittel = $\frac{222,62}{6}$ = 37,10°	Mittel = 312,25:6 = 52,04	Mittel = (95,0 : 6)°
						Mittel v. *tm* =	
830			1,77°	1500″		35,52°	15,83°

Spannungsgleichheit bei Ausgangstemperatur *t* = 15,74°.
K = 0,052.

11. Wolle, lufttrocken III (Umkehr).

M	*tz*	*ta*	*tz—ta*	*z*	(*tm*)	*tm* aus Sp.-Pl.	*tk*
g						Sp.-Pl. =	
0	39,75°	37,75°	2,00°	0''	34,75°	48,50 mm	15,9°
145	39,88	37,75	2,12	300	35,00	48,50 »	15,8
185	40,12	38,00	2,13	600	35,12	48,75 »	15,8
420	40,50	38,25	2,25	900	35,25	49,25 »	15,8
560	40,62	38,37	2,25	1200	35,50	49,25 »	15,8
690	40,88	38,63	2,25	1500	35,63	49,50 »	15,8
			Mittel = $\frac{13,00}{6}$ =		Mittel = $\frac{211,25}{6}$ = 35,21°	Mittel = 293,75:6 = 48,96	Mittel = (94,9 : 6)°
690			2,17°	1500''		Mittel v. *tm* = 34,34°	15,82°

Spannungsgleichheit bei Ausgangstemperatur *t* = 15,74°.
K = 0,054.

12. Wolle, lufttrocken IV (Umkehr).

M	*tz*	*ta*	*tz—ta*	*z*	(*tm*)	*tm* aus Sp.-Pl.	*tk*
g						Sp.-Pl. =	
0	42,25°	40,12°	2,12°	0''	36,75°	52,25 mm	15,8°
160	41,87	39,75	2,12	300	36,88	52,25 »	15,8
215	41,50	39,62	1,88	600	36,62	52,25 »	15,8
465	41,50	39,63	1,88	900	36,62	52,00	15,9
615	41,50	39,50	2,00	1200	36,50	52,00 »	15,8
770	41,25	39,25	2,00	1500	36,38	51,50 »	15,8
			Mittel = $\frac{12,00}{6}$ =		Mittel = $\frac{279,75}{6}$ = 36,63°	Mittel = 312,25:6 = 52,04	Mittel = (94,9 : 6)°
770			2,0°	1500''		Mittel v. *tm* = 35,52°	15,82°

Spannungsgleichheit bei Ausgangstemperatur *t* = 15,74°.
K = 0,052.

Ausser diesen eben angeführten mit je 25 g Substanz ausgeführten Messungen wurden auch solche mit je 50, 75, 100 g Füllung in gleicher Art durchgeführt. Die Ergebnisse derselben habe ich in folgender Tabelle übersichtlicher zusammengestellt und aus den Mittelwerthen die gekürzte Tabelle XXI gebildet mit Hinzufügung der specifischen Gewichte der Füllung.

Tabelle XXI.

Luft		Wolle Cal. p. 25 Min.				Baumwolle Cal. p. 25 Min.			
		25 g	50 g	75 g	100 g	25 g	50 g	75 g	100 g
1.	0,041	0,050	0,055	0,056	0,060	0,047	0,061	0,062	0,071
2.	0,042	0,052	0,055	0,058	0,061	0,050	0,062	0,063	0,072
3.	0,043	0,052	0,056	0,058	0,063	0,050	0,064	0,064	0,075
4.	0,044	0,054	0,056	0,063	0,065	0,052	0,066	0,066	0,077
Mittel	0,0425	0,0520	0,0555	0,0588	0,0623	0,0498	0,063	0,0638	0,0738

Tabelle XXII.

Füllung	Specifisches Gewicht				
		0,046	0,092	0,138	0,184
Luft	0,0425	—	—	—	—
Wolle	—	0,052	0,0555	0,0588	0,0623
Baumwolle	—	0,0498	0,0630	0,0638	0,0738

Diese nochmalige genaue Messung bestätigt also mit Bestimmtheit, dass das Wärmeleitungsvermögen bei Wolle und Baumwolle grösser sein muss als das der Luft, denn je mehr Stoffe den Hohlraum unseres Apparates füllen, um so mehr wird an Wärme nach aussen geleitet. Bei Wolle steigen die Zahlen etwas regelmässiger an als bei Baumwolle.

Offenbar düften die kleinen Unregelmässigkeiten, welche darin zu sehen sind, dass das Ansteigen des Wärmeleitungsvermögens nicht ganz proportionel der Menge der Füllung verläuft, auf unvermeidliche Versuchsfehler und kleinere Differenzen der Anordnung der Stoffe im Apparate zurückzuführen sein.

Das Wärmeleitungsvermögen ist also eine Funktion des specifischen Gewichtes unserer Kleidungsstoffe.

Dieser Schluss, den wir schon früher auf Grund der Messungen mit dem Stefan'schen Calorimeter gezogen, wird also hier auf's Neue bestätigt und gestützt.

Berechnet man für die einzelnen Dichtigkeiten die relativen Zahlen zwischen Luft — Wolle — Baumwolle, so erhält man Folgendes:

Tabelle XXIII.

Luft	Wolle	Baumwolle	Wolle : Baumwolle
100	122	117	— 4,1
»	130	148	+ 13,7
»	138	150	+ 8,6
»	146	173	+ 18,6

In drei Fällen und zwar in denjenigen, bei welchen die Zahlen wegen der grösseren Menge angewandten Stoffes sicherer werden, leitet Baumwolle besser als Wolle. Im Gesammtmittel würde für erstere das Leitungsvermögen um etwa 9,2% höher, liegen als für letztere. Auf die Grundstoffe selbst bezogen, würden die Differenzen noch grösser.

Unsere Versuche mit dem Durchströmungsapparat zeigen unverkennbar eine Zunahme des Wärmeleitungsvermögens mit der Menge der in den Apparat gebrachten Grundsubstanzen der Kleidung. Ob diese Zunahme des Leitungsvermögens aber mit dem Gewicht der benutzten Substanz zusammenhing, ergibt sich aus folgender, auch bei Schuhmeister angewandten Betrachtung. Nennt man die relativen Werthe des Leitungsvermögens der Stoffe zu Luft $= km$, das Leitungsvermögen der Luft $= k_1$, so lässt sich vermuthen, dass

$$k_m = k_1 + a, P\cdot$$

worin P das Gewicht der eingebrachten Stoffe und a einen constanten Factor bedeutet.

Unter dieser Voraussetzung sind die Zahlen bei Wolle:

P	k_m	k_1	a	
25 g	1.22	1	0,0084	0,0061 Mittel
50 »	1.31	1	0,0062	
75 »	1.38	1	0,0051	
100 »	1.47	1	0,0047	

Es berechnet sich im Mittel gefunden:

k_m	k_m
1.157	1.22
1.305	1.31
1.471	1.38
1.610	1.47.

Für Baumwolle:

P	k_m	k_1	a	
25	1.17	1	0,0068	0,0078 Mittel.
50	1.48	1	0,0096	
75	1.49	1	0,0066	
100	1.73	1	0,0073	

Es gibt die Rechnung für

km	direct gefunden
1,195	1,17
1,390	1,48
1,585	1,49
1,780	1,73.

Der Factor a schwankt demnach nicht ganz unerheblich, weil schon kleine Differenzen bei kleinen Stoffquantitäten erheblich einwirken; die Ordnung der Fasern der Stoffe innerhalb des Cylinders ist auch keineswegs in allen Versuchen gleich, auch mögen Spuren von Wasserdampf durch das Material absorbirt worden sein.

Aus beiden Reihen ergibt sich mit Bestimmtheit eine Verschiedenheit im Wärmeleitungsvermögen zwischen Wolle und Baumwolle.

a bedeutet bei Wolle nur 0,0061, bei Baumwolle aber 0,0078.

Die vorliegenden Zahlen können in ganz analoger Weise, wie das oben für die mit dem Stefan'schen Calorimeter er-

haltenen Zahlen geschehen ist, zur Ableitung des Leitungsvermögens der festen Stoffe benützt werden.

Unter der Annahme, dass die locker eingefüllten Fasern $^2/_3$ parallel mit den Flächen des Cylinders, $^1/_3$ senkrecht zu demselben liegen, entwickelt Schuhmeister die Gleichung

$$k_m = {}^1/_3\ (k_1 \cdot v_1 + k_2 \cdot v_2) + {}^2/_3\ \frac{k_1 \cdot k_2}{k_1 \cdot v_2 + k_2 \cdot v_1}$$

woraus dann:

$$k_2 = \frac{2\ k_1^{\,2}}{k_2} = \frac{3\ (k_m = k_1)}{v_2} = k_1.$$

Die specifischen Gewichte der Raumerfüllung waren in meinen Fällen bei

25 g	=	0,046
50 »	=	0,092
75 »	=	0,138
100 »	=	0,185

Und unter Annahme der Schuhmeister'schen Werthe für Wolle und Baumwolle, die Volume der letzteren pro 1ccm

Wolle:	Baumwolle:
0,030	0,027
0,060	0,053
0.090	0,081
0,121	0,108

Lässt man für Wolle wie Baumwolle die erste Zahl für die lockerste Füllung, weil hier der Fehler zu erheblich einwirken könnte, bei Seite, so findet sich als Leitungsvermögen im Verhältnis zu Luft

bei Wolle		Baumwolle	
14,6		26.0	
11,8	= **12,4**	17,2	= **20,8**
10.9		19.4	

Da nur je eine einmalige Füllung des Apparates vorgenommen worden war und die Füllung des grossen Hohlraumes

---

1) Also k_m Leitungsvermögen des Gemisches, k_1 und k_2 das der Componenten, v_1 und v_2 die Volumina derselben in der Einheit (d. h. $v_1 + v_2 =$ 1 gesetzt).

schwieriger war, völlig gleichartig zu machen, können die Zahlen gewiss als eine Bestätigung der mit dem Stefan'schen Calorimeter gefundenen und früher mittgetheilten Mittelzahlen gelten. Es ist auch zu beachten, dass', wie von mir schon betont, das Leitungsvermögen der Luft mittelst des Durchströmungsapparates wegen des Einflusses der Wärmestrahlung zu gross befunden wurde, während bei Füllung des Apparates mit Kleidungsstoffen sich richtige Werthe ergeben müssen.

Unsere Versuche mit verschiedenen Mengen von Wolle und Baumwolle lassen, vom kleinsten Werthe abgesehen, erkennen, dass das Wärmeleitungsvermögen der Wolle immer etwas kleiner ist als jenes der Baumwolle. Ich habe die Versuche noch weiter in Hinsicht auf Seide (chinesische) ausdehnen lassen. Leider ging aber unser Durchströmungsapparat durch einen unglücklichen Zufall zu Verlust und ich musste für den gedachten Zweck mich eines völlig neuen, anderen Instruments, aus stärkerem Messing gefertigt, bedienen. Die Zahlen sind daher nicht unmittelbar mit den vorigen vergleichbar, wohl aber in relativem Maass, da wir das Leitungsvermögen der Luft mit dem neuen Apparat untersucht hatten.

Die Zahlen enthält nachstehende Tabelle.

Tabelle XXIV.

Apparat	Füllung	Specifisches Gewicht		Relation zur Luft
		0	0,092	
A	Luft	0,0425	—	100
»	Wolle	—	0,0555	130
»	Baumwolle	—	0,0630	148
B	Luft	0,029	—	—
»	Seide	—	0,043	148

Wie der letzte Stab darthut, lassen sich mit dieser Methode Unterschiede im Leitungsvermögen nachweisen. Das geringste Wärmeleitungsvermögen würde darnach Wolle besitzen, dann würde Seide und Baumwolle folgen.

Eine genäherte Bestimmung der Wärmeleitung für Luft in absolutem Werthe muss sich auch bei dem Durchströmungsapparate ableiten lassen. Ich habe als Wärmedurchgang in 25 Min. 0,0425 bis 0,0440 Cal. pro 1° Temperaturdifferenz angegeben. Die mittlere Oberfläche, durch welche die Wärme hindurchwanderte, ist = 530 qcm.

Die Calorien wurden ohne Rücksicht auf die Zunahme der specifischen Wärme des Wassers berechnet; um diesen Fehler auszugleichen, wäre mit 0,36 % zu multipliziren. Also Mittel 0,0432 $\times$ 1,0036 = 0,0434 Cal.

Daraus berechnet sich für den Quadratcentimeter, 1″, 1 cm Abstand und 1° Temperaturdifferenz in g Cal.

= 0,0000546.

Der Werth ist höher als 0,0000523, aus den bekannten Gründen im Ganzen aber die Uebereinstimmung durchaus genügend und ein Beweis für die Anwendbarkeit der Methode.

Fassen wir die Ergebnisse der Messung mit dem Stefanschen und meinem Calorimeter zusammen, so gelangen wir zu folgenden Fundamentalsätzen über das Leitungsvermögen:

1. Die zur Herstellung der menschlichen Bekleidung verwendeten Grundstoffe sind alle erheblich bessere Wärmeleiter als die Luft.
2. Die einzelnen Grundstoffe besitzen ein specifisches Leitungsvermögen. Zur Beurtheilung einer Kleidung ist die Kenntnis der quantitativen Verhältnisse der Grundsubstanzen nothwendig.
3. Das Wärmeleitungsvermögen eines Gewebes hängt ausser von der Grundsubstanz, von den Mengungsverhältnissen zwischen Luft und Grundstoff ab. Das Mengungsverhältnis findet seinen Ausdruck im specifischen Gewicht der Kleidungsstoffe; die Aenderungen des Leitungsvermögens gehen letzterem proportional.

   Das specifische Gewicht der Kleidung stellt sich nach unseren Versuchen als eine zur Beurtheilung des Wärmeleitungsvermögens ungemein wichtige Eigen-

schaft dar; zusammen mit der Dicke der Stoffe bestimmten es fast einzig und allein das Wärmehaltungsvermögen.

4. Das specifische Wärmeleitungsvermögen einer Luftgrundstoffmischung kann durch Aenderungen der Dichte eines Gemengs nachtheilig beeinflusst werden; die Dicke der Stoffe kann bestehende Differenzen im Leitungsvermögen der Grundstoffe übercompensiren.

Nachdem wir nachgewiesen haben, ein wie sehr beträchtlich verschiedenes Leitungsvermögen die einzelnen Grundstoffe besitzen, ist natürlich unter allen Umständen bei Betrachtung des Wärmeleitungsvermögens zuerst der Beweis zu erbringen, ob eine reine Substanz oder Mischungen vorliegen; die Analyse der Gewebe in chemischer Hinsicht tritt in den Vordergrund. Die weitere Aufgabe wird dann festzustellen haben, wie in dem Gewebe Grundstoff und Luft vertheilt sind.

Zur Erklärung aller Eigenthümlichkeiten eines Kleidungsstoffes reichen aber diese beiden Feststellungen, wie ich in Nachfolgendem beweisen werde, nicht aus. Eine Reihe anderer Momente kommen als bedeutungsvoll in Frage.

Das Wärmeleitungsvermögen der Gewebe unserer Kleidung.

Von

Max Rubner.

(Aus dem hygienischen Institut der Universität Berlin.)

Ueber die Faserordnung in Geweben.

In der vorhergehenden Abhandlung[1]) habe ich ausschliesslich von den Eigenschaften der Grundstoffe gesprochen, so wie dieselben als Rohstoffe in den Handel kommen. Diese Rohstoffe finden bei uns nur selten Anwendung, am häufigsten noch die Baumwollwatte, bei der Herstellung sogenannter Wattirungen; in Japan wird die Seide für ähnliche Zwecke gebraucht. Die Kuhhaare, Rosshaare benutzt man zu Polsterungen verschiedener Geräthschaften des Haushaltes.

Aus den Rohstoffen erzeugt man die Gewebe. Die Kunst des Webens findet man selbst bei Völkerschaften, die sonst noch in ihrer geistigen Entwicklung auf niederster Stufe stehen. Man hat in den Schweizer Pfahlbauten Webstühle, roh gezimmert, sowie Gewebe entdeckt. Alle Berichte der Neuzeit aus Innerafrika erwähnen diese Kunst als eine bei den Negervölkern heimische, wenn schon die Technik der Fadenbildung und des Webens sehr oft als eine ungemein primitive erscheint. Zur Bedeckung des Körpers, zu manchen häuslichen Zwecken werden Gewebe glatter

1) Das Wärmeleitungsvermögen der Grundstoffe unserer Kleidung.

Webweise benützt. Sie sind zu allen Kulturepochen zuerst erzeugt worden.

Die Handelsgewebe der Kulturstaaten zeigen sehr verschiedenartiges Aussehen. Zur einfachen Leinen-, Baumwoll- und Tuchweberei der früheren Zeit sind viel neue Webweisen hinzugekommen. Die Rohstoffe werden auch mannigfachen chemischen Proceduren unterworfen, welche ihre äussere Beschaffenheit, vielleicht auch wesentliche Eigenschaften verändern. Von einigen derselben haben wir schon kennen gelernt, dass sie für das thermische Verhalten ohne Belang sind. Bedeutung gewinnt sicherlich in manchen Fällen die Färbung, nämlich dort, wo sie zu einer erheblichen Belastung des Stoffes führt wie bei der Seide. Für die Naturfärbung und geringe Mengen von beigemengter Farbe, wie sie bei vielen Anilinfärbereien vorkommt, ist eine Beeinflussung der Eigenschaften des Gewebes nicht zu befürchten.

Wenn aber auch die chemischen Aenderungen, die bei der Gewebedarstellung nothwendig werden, mitunter ohne Belang sein mögen, so wird man nicht in Abrede stellen dürfen, dass die Verschiedenheiten des Aufbaues eine Beeinflussung des Leitungsvermögens herbeiführen.

Bis jetzt war man natürlich nicht in der Lage diese Fragen überhaupt aufzuwerfen, weil man ja nicht einmal das specifische Leitungsvermögen und die Abhängigkeit von der Dichte erkannt hatte. Die nähere Ueberlegung zeigt jedoch, dass die Anordnung der Fasern im Raum vielleicht bedeutungsvoll sein kann.

Die physikalischen Aenderungen bestehen darin, dass durch die Gewebeart die Fäden eine ganz bestimmte Anordnung erhalten; diese letztere deckt sich mit der Lagerung der lockeren Grundstoffe nicht mehr; es kann daher der Effekt, den die Gewebe äussern ein etwas anderer sein, als der des Grundstoffes. Jedenfalls muss also eine Prüfung der wichtigsten Gewebe, aus denen die Kleidung besteht, vorgenommen werden, um zu erfahren, ob die Webweise nur ökonomische und dekorative Zwecke verfolgt, ob ihr Einfluss einzig und allein in der Regulirung der Kleiderventilation besteht, oder ob eine Aenderung der Leitungs-

constante (in weiterem Sinne) zu Stande kommt. Wenn es sich nachweisen lässt, dass durch einen mit Kleidungsgrundstoffen theilweise gefüllten Hohlraum bei gleicher Menge verwendeten Grundstoffes, aber bei ungleicher Anordnung verschiedene Wärmemengen hindurch gehen, so erhält die Technik einen wichtigen Fingerzeig für die Construction der Stoffe. Das absolute Leitungsvermögen der festen Grundstoffe, erfährt, das versteht sich von selbst, durch die beliebige Anordnung von Fäden keine Aenderung. Wenn ich auch nicht leugnen will, dass die chemischen Proceduren, welche ein Gewebe durchzumachen hat, bis es Handelswaare wird, bedeutungsvoll für die von uns diskutirten Verhältnisse werden können, so glaube ich doch, dass quantitativ der Einfluss der Fadenordnung in erster Linie steht.[1])

Ueber die Verschiedenheiten der Anordnung geben die Photogramme, welche ich vor einiger Zeit mitgetheilt habe,[2]) ein gutes Uebersichtsbild. Man sieht, dass wesentlich zwei Arten von Geweben in Betracht kommen, Stoffe mit Faserrichtung in drei Ebenen, Stoffe deren Fasern und Fäden zu den deckenden Flächen parallel liegen. Verbindungen in der dritten Ebene ergeben in letzterem Falle nur die Contactpunkte.

Die Vermuthung, die Lage der Gespinstfaser möchte einen Einfluss auf das Leitungsvermögen haben, ist zwar bisher nicht klar ausgesprochen worden; sie findet sich aber in den Rumford'schen Untersuchungen angedeutet. Er glaubte durch seine Experimente einen solchen Unterschied nachgewiesen zu haben, doch hat er wirkliche Gewebe nicht in Anwendung gezogen und nicht zur Anwendung ziehen können, nur aus dem Umstand, dass Charpie aus einem Gewebe hergestellt, anders wärmehaltend wirkte, wie der Grundstoff, zog er seine Schlüsse. Sie sind also nicht vollständig begründet.

Wir haben schon im ersten Theil unser Untersuchungen auf die Angaben von Schuhmeister verwiesen, die es ermöglichen, aus dem Leitungsverhältniss eines Luft-Stoffgemisches

1) Von den Verfälschungen durch Erschweren der Stoffe, wie dies bei der Seide geübt wird, sehe ich dabei ab.

2) Archiv f. Hygiene, Bd. XXIII, S. 1 ff.

das wahre Leitungsvermögen der Füllung zu erfahren. Die Betrachtung dieser Verhältnisse führt uns noch zu einem weiteren Umstand, der für die Beeinflussung des Leitungsvermögens durch die Lagerung der Fasern spricht.

Die Untersuchung des Leitungsvermögens der Kleidungsgrundstoffe war die Grundlage für alle Betrachtungen, die dieses Gebiet betreffen; das Leitungsvermögen, welches einem Luftstoffgemische zukommt, lässt sich aller Voraussicht nach keineswegs nach den von uns festgestellten Leitungskoëffizienten berechnen und ableiten, weil ja die Anordnung der Fasern einen wesentlichen Einfluss auf den Wärmedurchtritt hat.

Würden die Grundstoffe im Calorimeter sich derart gelagert haben, dass sie alle mit ihrer Faserlängsrichtung senkrecht zu den Begrenzungsflächen stünden, so würde zur Berechnung des Leitungsvermögens des Grundstoffes (k_2), wenn k_1 das Leitungsvermögen der Luft, km das Leitungsvermögen des Gemisches v_1 und v_2 die Volumina in der Einheit darstellen, die Gleichung gelten:

$$km = k_1 \; v_1 + k_2 \; v_2$$

Wenn jedoch die Fasern parallel zu den Begrenzungsflächen liegen, so ist die Ableitung des Leitungscoëffizienten anders auszuführen. Schuhmeister gibt dafür die Formel, unter Beibehaltung obiger Bezeichnungen.

$$\frac{1}{km} = \frac{v_1}{k_1} + \frac{v^2}{k_2}$$

Die Formel ist vollkommen zutreffend; es wäre aber den Lesern wohl erwünscht gewesen, wenn die nähere Ableitung dieser Formel, die sich nicht ganz von selbst versteht, angefügt worden wäre.

Aus den Verschiedenheiten beider Gleichungen ergibt sich auch die Wichtigkeit der Faserordnung.

Aus den a. a. O. gegebenen mikroskopischen Abbildungen über die Kleidungsstoffe folgt mit Nothwendigkeit die direkte Prüfung des Wärmeleitungsvermögens von Stoffen, welche im Folgenden vorgenommen werden soll. Denn es lässt sich wohl keinerlei Formel finden, welche als ein richtiger Ausdruck für

die specifische Anordnung gelten könnte, es wird aber zu untersuchen sein, ob nicht rein empirisch für gleichartige Zwecke bestimmte Constanten zur Berechnung des Leitungsvermögens aufgestellt werden können.

In erster Linie wird unsere Untersuchung darzulegen haben, ob die Thatsachen den theoretischen Voraussetzungen entsprechen und den Geweben gleicher Dichtigkeit mit den Rohmaterialien andere Leitungsconstanten zukommen wie den letzteren.

Ich habe das Cal. III mit einem Fassungsraum von 51 ccm mit den in der Tabelle I aufgeführten Stoffmengen beschickt. Die Gewebe lagen ziemlich locker an einander und liessen, indem sie sich von einander etwas abhoben, mässig grosse Lufträume entstehen. Am meisten war dies bei der Seide der Fall. Die Rohstoffe waren dagegen — obwohl sie auch nur 6 g wogen — so dicht eingepresst, dass es unmöglich war, noch mehr in den Hohlraum zu bringen[1]. Die Gewebe waren ein ausserordentlich feiner, weisser Kaschmirstoff (Wolle), ein glatter, auf der einen Seite spiegelnder Seidenstoff, und ein feiner, weicher, nicht appretirter fast schleierartiger Batist. Vom Standpunkt glatter Webweise betrachtet, waren es ungemein weiche und lockere Stoffe, nicht zu vergleichen mit den dichten, wenig elastischen Leinen- und Baumwollstoffen, wie sie zu Hemden benützt werden. (Siehe Tabelle I und II auf S. 351.)

Die Berechnungsweise der Versuche ist in derselben Weise ausgeführt, wie wir dies schon im ersten Theil näher begründet haben (s. S. 318). Die Ergebnisse sind sämmtlich durch Rechnung auf eine Füllung von genau 6 g zurückgeführt worden, damit ein exakter Vergleich mit den Zahlen für die Rohstoffe möglich ist. Man stellt zu diesem Behufe die relative Zahl zur Luft fest; die Zunahme des Leitungsvermögens beruht auf der vorhandenen Stoffmenge. Die Rechnung zeigt, um wie viele Procent das Leitungsvermögen für 1 g Füllung steigt. Dieser Werth $\times$ 6 entspricht dem relativen Zuwachs an Leitungsvermögen gegenüber Luft, und die relative Zahl $\times$ dem absoluten Leitungsvermögen

1) Die Originalzahlen über die Rohstoffe finden sich S. 320.

der Luft gibt das Leitungsvermögen pro 6 g Füllung in absolutem Maasse.

Tabelle I.

Calorimeter III.

Füllung	g	β log e	k	Relative Zahl zu Luft	Auf 6 g Füllung berechnet
Luft	0	—	0,00005884	100	0,0000588
Kaschmir	6	0,000371	0,0000643	109,3	0,0000643
Seide	6,22	0,000384	0,0000663	112,6	0,0000660
Batist	6	0,000408	0,0000708	120,2	0,0000708

Tabelle II.

Wärmeleitungsvermögen bei Füllung mit je 6 g Substanz (Luft = 0,0000588).

Füllung	Rohstoffe	Gewebe
Wolle	0,0000803	0,0000643
Seide	0,0000802	0,0000660
Baumwolle	0,0000985	0,0000708

Die Versuche beweisen, dass jedenfalls ein Unterschied im Wärmeleitungsvermögen besteht, je nachdem man einen Hohlraum mit Stoffen füllt, welche nach allen Richtungen des Raumes sich vertheilen, oder welche hauptsächlich in Ebenen, die zu den Wärme abgebenden Flächen parallel liegen, geordnet sind.

Es beträgt der Unterschied im Leitungsvermögen für die in meinen Experimenten gegebene Anordnung:

bei der Wolle	bei Anwendung von Rohstoffen	+ 24,8 %
» » Seide	» » » »	+ 21,5 »
» » Baumwolle	» » » »	+ 39,1 »

Die Baumwolle zeigt also auch hier die Eigenschaft, ein besserer Leiter als Seide und Wolle zu sein.

Wir betrachten diese soeben angeführten Versuche als orientirende, in dem Sinne, als wir die weitere Besprechung des Einflusses der Webweise auf später verschieben. Nachdem das Vorhandensein erhebliche Differenzen erwiesen, folgt

von selbst die unerlässliche Nothwendigkeit die wesentlichsten Gewebe des Handels in genannter Hinsicht zu prüfen. Ich habe daher eine grössere Anzahl von Geweben auf ihr Leitungsvermögen untersucht, so wie sie neu und ungebraucht in den Handel kommen. Zum Theil waren es die nämlichen Stoffe, die ich früher[1]) auf Dicke, specifisches Gewicht, Porenvolum, Strahlung untersucht habe; zum Theil habe ich eine nicht unbeträchtliche Zahl, bisher nicht untersuchte, Lodenstoffe, Batist, Kaschmir, Seidenstoff, Pelzwaaren noch hinzugefügt, soweit ich eben durch diese Auswahl wenigstens die allgemein wichtigsten Eigenschaften in thermischer Hinsicht aufzufinden hoffte. Ueber viele ergänzende Untersuchungen werden in meinem Laboratorium die Messungen fortgesetzt und werde ich seiner Zeit darüber berichten lassen.

Wärmeleitungsvermögen von Geweben bei gleichem specifischen Gewicht.

Fast alle Untersuchungen dieser Art habe ich mit dem Stefan'schen Calorimeter ausgeführt, das, bei Innehaltung bestimmter Cauteln, auf welche ich noch näher eingehen werde, ganz zufriedenstellende Resultate gibt. Doch sind der Wichtigkeit der Sache entsprechend auch einige Messungen mit dem Durchströmungsapparat gemacht worden.

Es handelte sich, was ich ganz besonders betone, in diesen Experimenten nicht um die Feststellung, wie ein Gewebe, im täglichen Leben als Kleidungsstoff benützt, Wärme zurückhält, sondern um die Darlegung des Einflusses der Webweise auf das Leitungsvermögen. Zu diesem Behufe mussten die Kleidungsstoffe so untersucht werden, dass sie in ihrem Leitungsvermögen mit den Grundstoffen verglichen werden konnten; ihre Dichte im Experimente entsprach keineswegs immer den natürlichen Verhältnissen. Näheres in dieser Hinsicht enthält der folgende Abschnitt dieser Untersuchung.

1) Archiv f. Hygiene, Bd. XV, S. 29.

Die Untersuchung der Gewebe hat eine Reihe von neuen Schwierigkeiten bereitet, auf die ich bisher bei der Prüfung von Grundstoffen einzugehen keine Verlassung hatte.

Die Gewebe haben bereits von Haus aus eine bestimmte Dichte, man hat es zwar in der Hand sie lockerer oder etwas dichter zu lagern, aber doch nur innerhalb verhältnismässig engen Grenzen. Lagerte man dieselben dicht, so war in vielen Fällen der Wasserwerth der Stoffe gross, im Verhältnis zu dem Wasserwerth der Metallcylinder, was ich aus früher dargelegten Gründen zu vermeiden bestrebt war, lagerte man sie aber sehr locker, so dass kein sicherer Contact mit dem äusseren Cylinder gegeben ist, so hatte dieses auch seine Bedenken.

Um einen Ausweg zu finden, habe ich mit zwei Calorimetern operirt, deren Innencylinder absolut der gleiche, deren Aussencylinder aber ungleich weit abstanden; bei dem einen Calorimeter, das ich schon in den vorher berichteten Versuchen angewandt hatte, betrug der Abstand 5 mm (genau 5,11) bei dem anderen aber nur 2,388 mm.

Alle dichten Stoffe brachte ich in letzteres Calorimeter (Cal. IV), alle Stoffe von geringem specifischen Gewicht in das Cal. III, mit doppelt so grossem Abstand. Die beiden Instrumente reichten für alle vorkommenden Eventualitäten vollkommen aus.

Bedient man sich aber auch zweier Calorimeter, so bleiben doch noch Ungleichheiten in den Experimenten, insofern man nicht immer genau dieselben Gewichte an Stoff zu benützen in der Lage ist; manchmal reichen schon 4,5, manchmal aber erst gegen 7 g zur richtigen Füllung meiner Calorimeter-Hohlräume aus. Jede ungleiche Füllung bedingt aber ganz erhebliche Ungleichheiten in der Wärmeleitung; ein Vorkommnis, das natürlich auszugleichen sein wird, ehe man an eine Verwerthung des Resultates denken kann. I c h h a b e i n a l l e n F ä l l e n d a h e r d a s L e i t u n g s v e r m ö g e n f ü r j e 6 g F ü l l u n g b e r e c h n e t. Diese Annahme einer derartigen Berechnung ist zutreffend. Innerhalb verhältnismässig weiter Grenzen ändert sich, wie die Versuche von S c h u h m e i s t e r und die meinen gezeigt haben, das Leitungsvermögen proportional der Aender-

ung der Füllung (s. o.). Wie die Umrechnung erfolgen kann, habe ich an anderer Stelle[1]) schon angegeben.

Der Innencylinder war für Cal. III und IV derselbe, er wog 167,38 g, was bei einer specifischen Wärme von 0,0861 [2]) = 14,409 als Wasserwerth gibt.

Für die schon früher gewählten Bezeichnungen[2]) wird für Cal. III

$$\log\left(\frac{P.\,C.\,\varDelta}{\log e\,F}\right) = \log\left(\frac{14{,}409 \times 0{,}5011}{0{,}4343 \times 103{,}40}\right) = 0{,}2146391 - 1$$

und für Cal. IV

$$\log\left(\frac{14{,}409 \times 0{,}2388}{0{,}4343 \times 90 \cdot 40}\right) = 0{,}9451445 - 2.$$

Die Leitungsconstante (k) für die früher angenommenen Einheiten wird für den Fall, dass der Wasserwerth der Füllung verschwindet im Verhältnis zu $P.\ C.$ des Innencylinders dann:

$$k = \frac{P \cdot C\,\varDelta}{\log e\,F} \cdot \beta \log e.$$

Die Messungen mit Luft führten bei den drei Calorimetern nicht zu absolut übereinstimmenden Zahlen. Für k fand ich

bei Calorimeter	II	0,00005324
» »	III	0,00005884
» »	IV	0,00005763.

Wie Winkelmann[3]) nachgewiesen hat, entstehen Differenzen durch den verschiedenen Abstand zwischen den beiden Cylindern, weil durch letzteren der Antheil, welchen an den Wärmeverlust des inneren Cylinders die Strahlung nimmt, beeinflusst wird. In diesem Sinne differiren die beiden Calorimeter III und IV, dagegen war bei III und IV der Abstand der Begrenzungsflächen derselbe. Wenn man nicht eine specifische Beeinflussung durch die Natur der verschiedenen Cylinder annehmen will, so könnte man vermuthen, dass der grössere Wasserwerth des Innencylinders bei III und IV erhöhte Zahlen hervorgerufen hat. Im letzten Falle war natürlich auch der eingeschlossene Hohlraum kleiner als bei II. Der Luftthermometer

1) S. o. S. 350 und die vorhergehende Abhandlung S. 318.

2) s. früher S. 295.

3) a. a. O., s. die vorige Abhandlung.

III und IV bewegt sich also innerhalb etwas kleinerer Grenzen als II; im Grunde genommen sollte diese Differenz die Rechnung überhaupt nicht beeinflussen, ebenso wie die absolute Grösse der Steighöhe, die bei Quecksilber, Wasser, Glycerin als Sperrflüssigkeit erreicht wird, gleichgültig ist. Ich denke aber, dass doch kleine Differenzen entstehen können, die dann im Gesammtresultat bemerklich werden.

Man kann diese kleinen Differenzen recht gut eliminiren. Alle bisherigen Messungen sprechen dafür, dass die Zahl K = 0,00005324 der Wahrheit ganz nahe liegt.

Es besteht die Berechtigung, die mit den verschiedenen Calorimetern erhaltenen Werthe auf ein gleichheitliches Maass zurückzuführen; ich habe daher die mit Cal. II erhaltenen Werthe, welche für das Leitungsvermögen der Luft 0,00005324 ergeben haben, als Basis genommen, und alle absoluten Werthe so berechnet, dass diese Grösse zum Vergleiche dient.[1])

Die in die Calorimeter III u. IV eingeschlossenen Substanzen unterschieden sich wesentlich durch ihre Dichte, d. h. durch ihr specifisches Gewicht; wenn wir auch, wie schon bemerkt, die bestehenden Ungleichheiten der Füllung dadurch eliminiren, dass wir die Resultate auf je 6 g berechnen, so bleibt doch der weitere Unterschied bestehen, dass diese 6 g sich in Cal. III auf 51,05 ccm Raumtheile, in Cal. IV auf 22,6 Raumtheile vertheilt befinden.

Das specifische Gewicht der (6 g) Stoffe in Cal. III
beträgt sonach 0,1175
In Cal. IV 0,2654

Diess hat natürlich zur Folge, dass ein und derselbe Stoff in beiden Calorimetern geprüft, ungleiche Werthe des Leitungsvermögens zeigt, weil ja mit der Dichte eines Stoffs dessen Leitungsvermögen sich ändert. Da dieselben in Cal. IV 2,25 Mal so dicht lagern als an Cal. III, so sind die ersteren Werthe in allen Fällen grössere, wie unsere Messungen auch darthun.

1) Stefan fand bei einem Calorimeter mit 5,12 mm Abstand der Begrenzungsfläche 0,0000557; bei 2,35 mm Abstand 0,0000564, bei 2,39 0,0000552. Winkelmann für 3,11 mm Abstand 0,0000555.

Tabelle III.
Auf Luft = 0,00005324.

Füllung	Cal. III Spec. Gew. 0,117	Cal. IV Spec. Gew. 0,265	Zuwachs in % mit der Dichte
Wollflanell	0,0000667	0,0000723	+ 8,3%
Glattgewebte Wolle	0,0000599	0,0000686	+ 14,5 »
» Seide	0,0000597	0,0000684	+ 14,6 »
» Baumwolle	0,0000641	0,0000810	+ 26,3 »
Kaninchenfell	0,0000617	0,0000689	+ 11,6 »

Eine direkte Berechnung der Leistungsconstanten, ausgehend von einem Calorimeter für dieselbe Dichte bei dem anderen, würde die Ergebnisse des Cal. IV zu Grunde legen müssen, weil mit dichterer Füllung die Natur des Leitungsvermögens besser hervortritt als bei lockerer Füllung, d. h. bei dem Ueberwiegen von Luft. Wir haben eine solche Uebertragung von einem Calorimeter auf das andere aber nicht für nöthig gehalten, weil für die beiden Instrumente ausreichende Vergleichungen zwischen den untersuchten Stoffen auch ohne eine derartige Maassnahme möglich ist. Führt man aber die Berechnung durch, so gehen die Resultate befriedigend mit einander überein. Ich habe in Folgendem unter »berechnet« abgeleitet, wie gross das Wärmeleitungsvermögen nach den Messungen mit Calorimeter IV sein musste, wenn dasselbe statt mit 6 mit nur 2,65 (= 0,117 sp. Gewicht) g Substanz gefüllt worden wäre.

	Berechnete Wärmeleitung pro Calorim. III	Direct mit Calorim. III gefunden
Woll-Flanell . . .	0,0000619	0,0000667
Glatte Wolle . .	0,0000621	0,0000599
» Seide . . .	0,0000599	0,0000597
» Baumwolle .	0,0000654	0,0000641
Kaninchenfell . .	0,0000600	0,0000617.

Diese Uebereinstimmung ist nun gerade für die glatten Gewebe von besonderer Bedeutung, weil ich bei diesen befürchten konnte, es möchte bei ihnen, der wenig innige Contact, in dem

sie sich bei 0,117 spez. Gewicht befanden, einen Einfluss auf das Resultat üben. Es ist dies aber nicht der Fall gewesen.

Die Messungen, welche ich mit den beiden Calorimetern ausgeführt habe, enthalten die beiden nachstehenden Generaltabellen, in welche ausser den Ergebnissen der ursprünglichen Messung, die Angaben über die Reduction auf 6 g Füllung und die Berechnung für das Wärmeleitungsvermögen, auf Luft = 0,00005324 bezogen, im Einzelnen enthalten sind. (Stab 7.) (Tabelle V siehe S. 358.)

Tabelle IV.

Calorimeter IV.

Füllung	g	β log e	k	Relative Zahl zu Luft	Relative Zahl zu Luft für 6 g	Absolute Zahl für 6 g und Luft = 0,0000532
Luft	0	—	0,0000576	100	100	0,0000532
Kaschmir	6,0	0,000796	0,0000742	128,7	128,7	0,0000686
Brauner Bauernloden	6,8	0,000903	0,0000848	149,2	143,4	0,0000763
Grauer Bauernloden	5,78	0,000858	0,0000798	138,5	140,0	0,0000745
Innsbrucker Loden	4,25	0,000813	0,0000729	129,4	141,5	0,0000753
Winterstoff	4,9	0,000840	0,0000775	134,4	142,1	0,0000756
Sommerkammgarn	6,2	0,000835	0,0000780	135,3	134,1	0,0000714
Wollflanell	4,5	0,000801	0,0000737	127,8	137,1	0,0000723
Batist	6,2	0,000949	0,0000887	153,8	152,1	0,0000810
Seide	6,2	0,000800	0,0000746	129,4	128,4	0,0000684
Leinentricot	6,55	0,001255	0,0001250	217,0	207,1	0,0001102

Stab 5 enthält die relativen Zahlen für das Verhältnis der Wärmeleitung zur Luft, Stab 6 die für 6 g Füllung reduzirte relative Zahl. Wenn sich Differenzen zwischen den Einzelversuchen von über 3—4 % ergeben hatten, wurde eine dritte, eventuell eine vierte Messung des Leitungsvermögens vorgenommen.

Die Gewebe, welche benutzt worden sind, mögen noch kurz besprochen sein.

K a s c h m i r ist ein ungemein weiches Wollengewebe, für ein solches ziemlich glatt. Mikroskopische Durchschnitte zeigen die Haare der Wolle zwar deutlich zu Fäden gesponnen, aber

diese Fäden sind immer lockerer als irgend ein Faden eines anderen Gewebes gleicher Webart. Die Haare heben sich an der Oberfläche manchmal etwas ab, aber nie so stark, wie die Photogramme des Flanells oder der Tricotwolle es zeigen, der Stoff ist ungefärbt.

Tabelle V.

Calorimeter III.

Füllung	g	β log e	k	Relative Zahl zu Luft	Relative Zahl zu Luft für 6 g	Absolute Zahl für 6 g und Luft = 0,0000532
Luft	—	—	0,0000588	100	100	0,0000532
Kaschmir	6,0	0,000371	0,0000643	109,3	109,3	0,0000582
Batist	6,0	0,000408	0,0000708	120,2	120,2	0,0000641
Seide	6,22	0,000384	0,0000663	112,6	112,2	0,0000597
Tricot-Seide	6,00	0,000471	0,0000818	138,8	138,8	0,0000740
» Baumwolle	6,40	0,000531	0,0000916	155,7	152,5	0,0000810
» Wolle	6,1	0,000402	0,0000695	118,1	117,8	0,0000627
» » (Jäger	6,17	0,000428	0,0000740	125,8	125,0	0,0000665
Flanellwolle	6,14	0,000411	0,0000713	121,2	120,7	0,0000647
»	6,62	0,000446	0,0000778	132,2	129,2	0,0000688
Flanellbaumwolle	6,04	0,000483	0,0000833	141,5	141,2	0,0000757
Winterüberzieher	7,90	0,000452	0,0000797	135,5	127,0	0,0000681
Kameelhaarloden	6,71	0,000437	0,0000763	129,6	126,5	0,0000678

Der Batist, ungefärbt, ist sehr weich, die Baumwollfasern sehr dicht aneinander gelagert. Die Seide verhält sich ähnlich dem Baumwollstoff mit etwas grösserer Lockerung des Fadens.

Die Tricotgewebe waren mit Ausnahme des Normaljägerstoffs, von demselben Gewebevorrath entnommen, mit welchem ich früher schon Untersuchungen angestellt hatte. Die Wollgewebe waren grau. Flanellwolle, Flanellbaumwolle waren neubeschafft und ungefärbt.

Der Kameelhaarloden, grau, war ungemein weich und biegsam, innen langhaarig gerauht, aussen glatter.

Brauner Bauernloden und grauer Bauernloden sind derbe Gewebe, wie sie in Tyrol allenthalben zu Röcken und Hosen benutzt werden; weicher war der graue Innsbrucker Loden.

Der Winterstoff (blau gefärbt), der Sommerkammgarn (braun), der Winterüberzieherstoff (schwarz) waren Gewebe, die ich schon früher für Untersuchungen benützt habe[1]).

Zur bequemeren Uebersicht will ich die Leitungsconstanten für 6 g Füllung auf Luft = 0,00005324 bezogen in nachstehender Tabelle zusammenstellen.

Tabelle VI.
Calorimeter III.

Füllung	k
Glatte Wolle	0,0000582
» Seide	0,0000597
Wolltricot	0,0000627
Glatte Baumwolle . .	0,0000641
Wolltricot (Jäger) . .	0,0000665
Wollflanell	0,0000667
Kameelhaarloden. . .	0,0000678
Winterüberzieherstoff .	0,0000681
Seidentricot	0,0000740
Baumwollflanell . . .	0,0000757
Baumwolltricot . . .	0,0000810

Tabelle VII.
Calorimeter IV.

Füllung	k
Glatte Seide	0,0000684
» Wolle	0,0000686
Kaninchenfell . . .	0,0000685
Wollflanell	0,0000723
Grauer Loden . . .	0,0000745
Bauernloden	0,0000753
Innsbrucker Loden .	0,0000753
Sommerkammgarn . .	0,0000714
Winterkammgarn . .	0,0000756
Glatte Baumwolle . .	0,0000810

Die Zahlen sind dem früher Gesagten entsprechend für Calorimeter III und IV getrennt aufgeführt.

Tabelle III und IV lehren, dass die Leitungsconstante bei gleichem specifischen Gewichte, also gleichen Raumverhältnissen zwischen Luft und festen Stoffen, sehr ungleich sich gestaltet. Diese Differenzen, welche die Versuchsergebnisse zeigen, können zweierlei Ursachen haben; einmal die bekannte, dass eben das specifische Leitungsvermögen der Grundstoffe, Wolle, Seide, Baumwolle, Leinen, darin zum Ausdruck gelangt, dann aber sieht man, wie ich meine, doch mit Bestimmtheit, dass bei solchen Geweben, die aus gleichen Grundstoffen bestehen, Ungleichheiten im Wärmeleitungsvermögen vorhanden sind.

1) Bezüglich der früher schon benutzten Stoffe siehe die Zeitschrift, Bd. XV, S. 29.

Zu vergleichen wären demnach unter den Ergebnissen die Leitungsconstanten bei gleichen Grundstoffen aber verschiedener Webweise.

Wir haben früher angegeben, dass die Verarbeitung der Grundstoffe zu einem glatten Gewebe in allen von uns untersuchten Fällen das Wärmehaltungsvermögen erhöhte. Nach meinen Darlegungen darf diese Wirkung durch die parallele Lage der Gewebefasern zu den Wärme abgebenden Flächen erklärt werden. Die Technik verfügt aber in ihren Webweisen auch über andere Anordnungen der Fäden, als sie bei einem glatten Gewebe vorherrschen. Es hat daher Interesse, zu erfahren, ob die Tricotgewebe oder Flanelle den früher beobachteten Gesetzen sich fügen oder nicht.

Ich habe in nachstehender Tabelle das Leitungsvermögen der Grundstoffe, glattgewebten Stoffe, Tricotstoffe und Flanelle zusammengestellt.

Tabelle VIII.
Calorimeter III (Luft = 0,0000532).

Füllung	Grundstoff	Glattgewebt. Stoff	Tricotstoff	Flanelle
Wolle	0,0000726	0,0000582	0,0000646	0,0000667
Seide	0,0000726	0,0000597	0,0000740	—
Baumwolle	0,0000892	0,0000641	0,0000810	0,0000757

Die Ergebnisse lehren die allgemeine Regel, dass die Gewebe mit alleiniger Ausnahme der Tricotseide, alle schlechtere Wärmeleiter sind als die Grundstoffe, aus denen sie hergestellt werden. Die Veränderungen sind zum Theil erheblich.

Aus dieser Zusammenstellung ergibt sich auch, was also über das Wärmeleitungsvermögen der zur Unterkleidung verwendeten Stoffe gesagt werden kann. Die Tricotgewebe unterscheiden sich von den glattgewebten Stoffen, insofern sie besser leiten als diese, sowohl für die Wolle, als für Seide, als auch für Baumwolle lässt sich dies unbedingt darthun. Wie immer ist der Unterschied, dort wo das specifische Leitungsvermögen gross ist, wie bei Baumwolle, auch am bedeutendsten;

der Wollflanell leitet besser noch als die Tricotwolle. Der Vortheil, den also die Herstellung der Tricotwolle im Bekleidungswesen gebracht hat, ist demnach nicht in einer Herabsetzung des Leitungsvermögens zu suchen, sondern in der Lockerkeit des Gewebes und in dem bequemen Luftdurchtritt. Für die Wolle entsprechen die Verhältnisse durchaus der Annahme, dass die verschiedene Lage der Fäden zur wärmeabgebenden Fläche die Ursache für die Differenzen im Leitungsvermögen sind.

Von Seide gibt es meines Wissens kein Gewebe, das dem Wollflanell entspräche; es bleibt also unbekannt, wie eine solche regellose Lagerung, die einem Flanell zukommt, auf das Leitungsvermögen wirken würde. Aus dem Ergebnis mit Tricotseide würde eine wesentliche Steigerung über deren Leitungswerth nicht wahrscheinlich.

Der feine Batist leitet zwar Wärme besser als das gleichartige Seiden- und Wollengewebe; diese Webweise ist aber allen Grundstoffen, die in regelloser Lagerung im Calorimeterhohlraum sich befinden, überlegen. Besser leitet dagegen die Anordnung als Tricot, während der Baumwollflanell zwischem glatten Batist und dem Tricotgewebe die Mitte hält. Baumwollflanell ist eben nicht identisch in seiner Anordnung mit echtem Wollflanell. Der Baumwollflanell ist einseitig ein glattes Gewebe, wie Batist, und nur auf einer Seite rauh und locker.

Die mit Calorimeter IV angestellten Experimente dienen zur Bestätigung des oben Gesagten.

Tabelle IX.
Calorimeter IV (Luft = 0,0000532).

Füllung	Glattgewebter Stoff	Tricotstoff	Flanell
Wolle	0,0000686	—	0,0000723
Baumwolle	0,0000810	—	—
Leinen	—	0,0001102	—

Der Flanell aus Wolle zeigt hier auch ein nicht unwesentlich höheres Wärmeleitungsvermögen wie der glattgewebte Kaschmir. Mit dem Batist, der mit diesem Calorimeter gemessen

wurde, lässt sich noch der Leinentricot vergleichen, der entsprechend den sonst gemachten Erfahrungen mit den Tricotstoffen Wärme besser leitet als der glatte Baumwollstoff. Ich setze dabei voraus, wie von mir an anderer Stelle gezeigt worden ist, dass Leinen und Baumwolle als Grundstoffe keine Differenz im Leitungsvermögen an sich aufweisen.

Wir kommen also nach der Besprechung der zu Unterkleidung verwendeten glatten Gewebe, Tricotstoffe, Flanelle zu dem allgemeinen Urtheil, dass die Webweise bei diesen allen von wesentlicher Bedeutung für das Wärmeleitungsvermögen ist, dass jedoch aus verschiedenen hygienischen Gründen diejenige Webeweise, welche die wesentlichste Herabsetzung der Wärmeleitung bedingt, nicht die rationellste genannt werden darf.

Eine grössere Anzahl meiner Untersuchungen beschäftigt sich mit solchen Geweben, die man Tuche nennt, und die zur äusseren Bekleidung Verwendung finden. Ihre Betrachtung hat daher eine wesentliche Tragweite; die Stoffe sind fest, ausschliesslich solche, wie man sie für die Bekleidung des Mannes benützt. Für die übliche Frauenkleidung verwerthet man leichtere und dünnere Stoffe, die vermuthlich in ihrem thermischen Verhalten von den zu besprechenden nicht wesentlich abweichen.

Diese Stoffe sind nach der bei uns herrschenden Sitte für den grössten Theil der Jahres Wollstoffe. Von derartigen Wollstoffen erfreuen sich bei der Gebirgsbevölkerung, welche häufigem Wechsel der Witterung ausgesetzt ist, namentlich, Lodenstoffe seit altersher grosser Beliebtheit. Ich habe mir von einer zuverlässigen Bozener Firma eine grössere Auswahl solcher Stoffe zeigen lassen und habe drei Sorten, die mir im Allgemeinen gewisse typische Verhältnisse zu bieten schienen, zur Untersuchung ausgewählt. Aus Loden kann sowohl der Rock, als auch die Hose gewählt werden; als Mantel trägt man diess schwere Tuch aber nicht, sondern nur den leichten Kameelhaarloden, in seinem Aeusseren ähnlich wie Flanell. Letzterer kommt häufig nicht rein, sondern halb mit Baumwolle vermischt in den Handel. Speciell seitdem der Gebrauch von

Loden mehr Modesache geworden, begegnet man allenthalben solchen billigen Halbfabrikaten. Ich werde später nähere Angaben über die Dicke und andere physikalische Eigenschaften der Lodenstoffe machen.

Die auf dem Lande in Handarbeit fabricirten tuchartigen Gewebe, soweit sie noch nicht durch billige und Maschinenarbeit verdrängt sind, entsprechen auch annähernd dem Lodenstoff.

Der Städter wünscht leichte Stoffe, die aussen geschoren sind, oder wie bei den Kammgarnstoffen eine Zeichnung des Stoffes erkennen lassen. Farbe und Muster spielen eine grössere Rolle als Zweckmässigkeit und Haltbarkeit.

Ich habe einen dickeren Winterstoff und leichtes Sommerkammgarn zu Messungen verwendet. Mantelstoffe, d. h. Ueberzieherstoffe, sind vielfach den letzteren ähnlich, wenn es sich um leichtere Waare handelt. Im Gebirge trägt man als einen guten, wetterbeständigen Stoff den Kameelhaarloden, der bei mässiger Dicke und ohne Fütterung an kühlen Herbst- und Frühjahrstagen ausreichenden Kälte- und Windschutz gewährt.

Als Typus eines recht schweren Winterstoffes verwendete ich noch einen dicken Paletotstoff, der ein förmlich verfiltztes Aussehen hatte. Sind solche Stoffe nicht mehr warm genug, so muss man sich zur Pelzbekleidung bequemen, über die später für sich berichtet werden wird.

Ich habe in Nachstehendem die hier einschlägigen Werthe für das Leitungsvermögen der Stoffe zusammengestellt.

Tabelle X.

Bezeichnung	Calor.	k für 6 g Füllung u. Luft = 0,0000532
Kaschmir	IV	0,0000686
Brauner Bauernloden	»	0,0000763
Grauer Bauernloden	»	0,0000745
Innsbrucker Loden	»	0,0000753
Winterstoff	»	0,0000756
Sommerkammgarn	»	0,0000714
Wollflanell	»	0,0000723
Wollflanell	III	0,0000668
Winterüberzieher	»	0,0000681
Kameelhaarloden	»	0,0000678

Die Zahlen sprechen deutlich genug, Die Lodenstoffe unterscheiden sich untereinander fast gar nicht im Wärmeleitungsvermögen. Ihre Webeweise bedingt aber kein so gutes Wärmehaltungsvermögen wie ein feiner Kaschmir es besitzt; der Winterstoff einer städtischen Kleidung stimmt gleichfalls mit dem Loden gut überein. Etwas weniger gut leitet Sommerkammgarn, was als eine Folge der glatteren Faserlage gedeutet werden kann. Die Tuche sind in ihrem Leitungsvermögen offenbar mit den Flanellen in eine Parallele zu stellen, wenngleich nicht verschwiegen werden darf, dass die Flanellsorten wenigstens um einiges weniger gut leiten als das Tuch und der Loden. Diese Ergebnisse, welche sich wesentlich auf Messungen mit dem Calorimeter IV gründen, werden durch einige Beobachmit Calorimeter III vervollständigt.

Die weichen filzartigen Wintermantelstoffe, der flanellartige Kameelhaarloden, stellen sich gleichfalls dem Wollflanell eng zur Seite, leiten aber etwas besser wie dieser.

Die Betrachtung der Tuch- und Lodensorten führt also zu der höchst einfachen Formulirung, dass ihr durch die besondere Webeweise bedingte Wärmeleitungsvermögen sehr ähnlich dem Wollflanell, und um wenig höher als das Leitungsvermögen des letzteren sei.

Nach diesen Resultaten glaubte ich vorläufig auf eine weitere Ausdehnung der Versuche auf Stoffe ähnlicher Art verzichten zu können.

Wie der geringe Zuwachs an Wärmeleitungsvermögen bei den Tuchen zu erklären sei, bleibt unbestimmt. Da die Flanellstoffe bei Wolle noch hinter dem Leitungsvermögen unverarbeiteter Wolle zurückstehen, so wäre wohl denkbar, dass Tuch und Loden in der wirren Lage ihre Haare mehr dem unverarbeiteten Material ähnlich sind. Ich halte es aber nicht für ausgemacht, dass das der wirkliche und ausschliessliche Grund ist. Alle jene Stoffe, welche dies etwas grössere Leitungsvermögen dem Flanell gegenüber aufweisen, waren gefärbt; ich will daher die Frage offen lassen, in wie weit etwa die Farbe das das Leitungsvermögen erhöht hat.

In manchen Fällen wird ganz gewiss solch ein Einfluss vorkommen, wenn man bedenkt, dass vielfach bei gefärbter Seide der Farbstoff das Gewicht der reinen Seide um das Doppelte vermehrt. Die natürlichen Pigmente scheinen dagegen keine Aenderung des Leitungsvermögens zu bedingen. Das Leitungsvermögen der gelben Seide ist nicht merklich different von dem der weissen Seide. Das rothe Kuhhaar, schwarze Pferdehaar, blonde Menschenhaar zeigen keine Differenzen, die auf die Farbenungleichheit zu beziehen sind.

Indem ich die Untersuchung des Einflusses der Färbung auf das Wärmeleitungsvermögen durch weitere Experimente meinem Laboratorium überlasse, mag nachstehend eine orientirende Untersuchung über das Leitungsvermögen schwarz gefärbter Seide mitgetheilt sein.

Tabelle XI.
Einfluss der Farbe.

Stoff	g	$\beta \log e$	k	Relative Zahl zu Luft	Relative Zahl für 6 g	k auf Luft = 0,0000532
Reinseide .	6,2	0,000800	0,0000746	129,4	128,4	0,0000684
Gefärbt .	5,22	0,000844	0,0000779	135,1	140,2	0,0000746

Das Ergebniss bestätigt also die Annahme, dass durch die Färbung das Leitungsvermögen an Stoffen erheblich beeinflusst werden kann. Von Wollstoffen ist mir durch quantitative Untersuchungen bekannt, dass diese 3—8% des Gewichts an Farbstoff führen können.

Wie schon meine orientirenden Versuche dargethan hatten, macht sich die Webeweise als ein Factor geltend, der für sich auf seine Bedeutung geprüft werden musste. Die eingehenden Untersuchungen an allen möglichen Geweben haben unseren Schluss vollkommen weiter begründet. Wenn es auch im Einzelnen nicht zu erweisen ist, dass ausser der Anordnung der Fasern auch kein anderes Moment wie die Veränderung der Grundstoffe durch die Bearbeitung oder dgl. mitgewirkt hat, so beweist die Art und Weise der Beeinflussung des Leitungsver-

mögens, die zumeist in dem zu erwartenden Sinne ausfällt, dass die Webeweise der quantitativ wichtigste Factor sein muss.

Die Gewebe haben ein von den nach allen Ebenen sich lagernden Grundstoffen verschiedenes Leitungsvermögen.

Daraus folgt also die Nothwendigkeit, alle Gewebe experimentell auf ihr Leitungsvermögen zu prüfen, da man aus dem Grundstoffe und dem specifischen Gewicht allein nicht in der Lage ist, das Wärmeleitungsvermögen zu erschliessen.

Diese Erfahrung, dass eine künstliche Beeinflussung des Wärmedurchganges durch die Bearbeitungsweise der Gewebe ermöglicht ist, scheint mir sehr erfreulicher Natur zu sein, weil dadurch für die Technik auch ein Feld der Thätigkeit, auf dem sie sich versuchen kann, geschaffen erscheint. Man kann nunmehr unter Beihilfe meiner Methode zur Prüfung des Wärmedurchgangs controlliren, in wie weit es gelungen ist, eine Vervollkommnung der Gewebe zu erreichen. Nicht die unsichere ungewisse empirische Probung hat zu entscheiden, sondern das directe Experiment.

Versuche an Geweben mit dem Durchströmungsapparat.

Wie in der vorhergehenden Arbeit die Ergebnisse der Messung mittels des Stefan'schen Calorimeters mittels des Durchströmungsapparates controllirt wurden, so habe ich auch bezüglich der Frage, in wie weit die Stoffe des Handels im Leitungsvermögen verschieden sind, noch einige Messungen angestellt. Da es nur auf die Feststellung der Grenzwerthe ankam, welche in Frage kommen können, habe ich Wollflanell und glatten appretirten Baumwollstoff gewählt. Da ich bei dem Durchströmungsapparat rechnerisch unbeeinflusst bin von der Füllung des Hohlraumes, da ein bestimmter Wasserwerth der Füllung nicht eingehalten zu werden braucht, kann man die Verhältnisse des Experiments denen des täglichen Lebens sehr übereinstimmend machen.

Um eine grössere Menge von Kleidungsmaterial in den Hohlräumen unterzubringen, verwendeten wir käuflichen, frischen Wollflanell. Im Ganzen fanden 42—45 g Platz, den ganzen Hohlraum füllend. Das mittlere specifische Gewicht der ein-

geschlossenen Masse 0,082—0,084 trifft man auch sonst häufig bei locker lagerndem Flanell. Vor dem Versuche wurde der Flanell der Trocknung unterworfen, während des Experiments zog er aber wieder Wasser 2,3—2,4 g im Ganzen an.

Im Mittel zeigte Wollflanell 0,0493 Cal. als Wärmedurchgang; verglichen mit den früheren Messungen bei Luftfüllung ist also der Wollflanell ein besserer Wärmeleiter als die freie Luft.

Der Vergleich wurde mit glattgewebten Leinen weitergeführt. Zuerst wurde solches mit guter Appretur angewandt. 250—260 g fanden in dem Hohlraume Platz. Später liess ich die Appretur auswaschen, den Stoff trocknen und glätten, er war entschieden etwas lockerer wie früher geworden, denn mehr als 242 g waren nicht im Apparat unterzubringen. Als Mittelwerth für den appretirten Stoff fand ich 0,0745 Cal. Wärmedurchgang, für den nicht appretirten 0,0757 Cal., also keinen wesentlichen Unterschied.

Tabelle XII.

Füllung	Specifisches Gewicht		
	0	0,082	0,469
Luft	0,0440	—	—
Wollflanell	—	0,0493	—
Glattgewebtes Leinen	—	—	0,0757
Leinen mit Appretur	—	—	0,0745

Das Wärmeleitungsvermögen solcher Stoffe von 0,5 spec. Gewicht ist aber unzweifelhaft erheblich grösser als dasjenige von Stoffen, welche mehr Luft einschliessen wie z. B. der Flanell. Das Leitungsvermögen glatt gewebter Leinen in einer Füllung von 0,469 spec. Gewicht überschreitet das Leitungsvermögen von Flanell von 0,082 spec. Gewichts um 53,2%.

Mittelst des Stefan'schen Calorimeters hatte ich, allerdings an anderem Material für 0,105 spec. Gewicht bei Flanell als Leitungsvermögen 0,000065; bei Leinentricot für 0,42 spec. Gewicht 0,0001858 gefunden. Diese Materialien erlauben einen annähernden Vergleich mit den Ergebnissen am Durchströmungs-

apparat: das Wärmeleitungsvermögen des Flanells verhielt sich zu dem dichten Leinen wie 100: 178,1 d. h., letzteres leitet mehr um 78.1%.

Wenn wir die Ergebnisse, welche wir mit dem Stefan'schen Calorimeter und mit dem Durchströmungsapparat erhalten haben, zusammenfassen, so kommen wir zu weiteren wichtigen Fundamentalsätzen, für die Lehre der Bekleidung, die wir, wie folgt, formuliren können:

Die Verarbeitung von Grundstoffen zu Geweben beeinflusst in den meisten Fällen mehr oder minder erheblich das Leitungsvermögen und macht das letztere different von jenem der Grundstoffe.

Wenn man gleichartig hergestellte Gewebe aus verschiedenen Grundstoffen betrachtet, so findet sich bei jeder Webeweise wieder ein specifischer Unterschied im Wärmeleitungsvermögen, wie wir denselben für die Grundstoffe schon früher angegeben haben. Wollstoffe zeigen das geringste, Seide ein mittleres, Baumwolle und Leinen das grösste Leitungsvermögen.

Sieht man von den wenigen Messungen ab, die Péclet mit einigen Stoffen angestellt hat, die aber nur unverwerthbare Resultate gegeben haben, so ist bei meinem Versuche zum ersten Male die Messung des Wärmeleitungsvermögens unserer Kleidungsstoffe nicht nur nach relativem Maasse, sondern in absoluten Werthen, welche eine weitere Benützung für Betrachtungen der menschlichen Wärmeökonomie erlauben, gelungen.

Aus diesen Ergebnissen lassen sich jetzt leicht eine Anzahl von Fragen, die rein hygienischer Natur sind und die praktischen Ziele der Hygiene fördern, beantworten.

Wärmeleitungsvermögen der Gewebe bei natürlicher Dichte.

Die vorhergehenden Versuche hatten den Einfluss der Webweise auf den Wärmedurchgang klar zu legen.

Zur praktischen Beurtheilung des Werthes eines Gewebes hinsichtlich der Behinderung des Wärmeverlustes können die

von uns gemachten Angaben nicht unmittelbar verwendet werden, weil die Gewebe des Handels vielfach andere specifische Gewichte haben, als sich für die Untersuchung im Calorimeter eignete.

Ich habe bewiesen, dass die Aenderung des specifischen Gewichts ein Hauptmoment für die Schwankungen des Wärmeleitungsvermögens darstellt, jedes dichtere Gewebe leitet die Wärme weit besser als ein lockeres, die Lockerung ist das beste Mittel, in ruhender Luft die Wärmehaltung eines Stoffes zu erhöhen. Der Einfluss der Dichte eines Gewebes ist so gross, dass unter Umständen Vortheile, welche durch ein schlechtes Wärmeleitungsvermögen der Grundsubstanz gegeben sind, durch dichtere Webart abgeglichen werden können, und umgekehrt kann der Fall eintreten, dass lockere Webweise die Nachtheile eines zu guten Leitungsvermögens aufhebt.

Das specifische Gewicht der Kleidungsstoffe[1]) ist nach meinen Untersuchungen innerhalb weiter Grenzen variirend, von dem Wollflanell mit 0,09 angefangen bis zu den dichtesten Leinenstoffen mit 0,6 bis 0,77 Gewicht. Die Natur des Grundstoffs zeigt insofern einen Einfluss, als in der Regel die Wollstoffe ein geringeres specifisches Gewicht aufweisen als die Leinen- und Baumwollgewebe. Es werden also, wie diese Thatsache im Zusammenhang mit den Ergebnissen unserer Untersuchungen über das specifische Leitungsvermögen der Stoffe vermuthen lässt, die Ungleichheiten noch verschärft, indem die schlechtesten Wärmeleiter zugleich die lockersten Gewebe geben und die besten Wärmeleiter die dichtesten.

Wir könnten hinsichtlich des Leitungsvermögens bei natürlicher Dichte auf die Angaben über die specifischen Gewichte und auf unsere Messung des Leitungsvermögens bei bekannter Dichte verweisen, da sich die gewünschte Lösung für ein bestimmtes Gewicht durch Rechnung finden lässt.

Es hat aber vielleicht einiges Interesse, wenn ich für einige wichtige Fälle eine solche Zusammenstellung in Nachfolgendem

1) Archiv f. Hygiene, Bd. XV, S. 29 ff.

gebe. Ich betone ganz besonders, dass man zur Beurtheilung eines Kleidungsstoffes unter keinen Umständen sich nur auf das Leitungsvermögen bei natürlicher Dichte verlassen darf, weil ein und dasselbe Leitungsvermögen aus sehr verschiedenen Gründen, die hygienisch von sehr ungleichem Werthe sein können, zu Stande kommt. Neben dem Leitungsvermögen muss unbedingt jedes Mal der Aufbau der Stoffe, d. h. ihr specifisches Gewicht mit zur Betrachtung herangezogen werden.

Betreffs der natürlichen Dichte der Stoffe verweise ich auf meine a. a. O. gegebenen Mittheilungen. In den eben mitgetheilten Untersuchungen haben aber auch Stoffe Aufnahme gefunden, die bisher noch nicht in gedachter Richtung geprüft sind. Diese sind: Kaschmir, Batist, Seidenstoffe, die Lodensorten. In Ergänzung meiner früheren Beobachtungen mag zunächst die nachstehende Tabelle gegeben sein.

Tabelle XIII.

Bezeichnung	Dicke in mm	Flächengewicht pro 1 g	Spec. Gewicht	Porenvolum	
				Luft %	feste Substanz %
Kaschmir	0,37	0,0135	0,364	72,0	28,0
Batist	0,29[1])	0,0052	0,179	86,7	13,7
Seide	0,25[4])	0,0082	0,329	74,7	25,8
Kameelhaarloden . .	2,31	0,0245	0,106	91,9	8,1
Grauer Bauernloden .	2,81	0,0649	0,231	82,3	17,7
Brauner Bauernloden	3,00	0,0770	0,256	80,3	19,7
Innsbrucker Loden .	1,75	0,0489	0,279	78,6	21,4

Der feine Wollstoff (Kaschmir), Batist und Seide sind Stoffe, welche sich vortheilhaft von anderen glatt gewebten Stoffen unterscheiden; denn sie sind viel lufthaltiger als ähnliche Gewebe aus Leinen und Baumwolle.

Die Lodenstoffe, die sich ziemlich fest anfühlen und sehr widerstandsfähig sind, unterscheiden sich im specifischen Gewicht und Porenvolum nicht von anderen Tuchsorten, wie Winterkammgarn und Sommerwollstoffen u. dgl. Kameelhaarloden

1) Trocken; in feuchtem Zustand geringer.

dagegen stellt sich gutem Flanell an die Seite und ist einer der luftigsten Stoffe die es gibt.

Die nachfolgende Tabelle enthält die näheren Angaben über das Leitungsvermögen bei natürlicher Dichte; d. h. sie gibt an, wie viel Wärme durch einen Quadratcentimeter Fläche, bei 1 cm Dicke und 1° Temperaturunterschied der Begrenzungsflächen in der Secunde hindurchgeht.

Tabelle XIV.

Leitungsconstanten bei natürlichem specifischen Gewicht.

Stoffe	Im Versuch beobachtet bei welchem spec. Gewicht?	Natürliches spec. Gewicht	Leitungs-constante bei 6 g Füllung des Calorimeters	Die Leitung ist zu berechnen a. eine Füllung von g	Leitungs-vermögen bei natürl. spec. Gewicht, Luft = 100	Absolutes Leitungsverm. bei natürlich. spec. Gewicht Luft = 0,0000532
Wollflanell	0,117	0,105	0,0000667	5,35	122,2	0,0000650
Kameelhaar-loden	0,117	0,106	0,0000678	5,40	123,7	0,0000659
Wolltricot	0,117	0,179	0,0000627	9,12	127,0	0,0000676
Winterpaletot	0,117	0,146	0,0000681	7,39	133,2	0,0000709
Glatte Seide	0,265	0,302	0,0000684	7,43	135,1	0,0000719
Winterkamm-garn	0,265	0,238	0,0000756	5,38	137,7	0,0000733
Kaschmir	0,265	0,364	0,0000686	8,21	139,3	0,0000742
Bauernloden	0,265	0,256	0,0000763	5,99	143,4	0,0000761
Sommerkamm-garn	0,265	0,350	0,0000714	7,91	145,1	0,0000772
Batist	0,265	0,179	0,0000810	4,04	135,1	0,0000789
Seidetricot	0,117	0,219	0,0000740	11,17	172,1	0,0000916
Baumwolltricot	0,117	0,199	0,0000810	10,14	188,2	0,0001002
Leinentricot	0,265	0,302	0,0001102	6,82	221,7	0,0001181
Leinentricot	0,420	0,420	0,0001158	—	287,2	0,0001523

In Stab 2 ist angegeben, bei welchem specifischen Gewicht die Messung stattfand; Stab 5 enthält die Angabe, wie viel statt 6 g, wie verwendet, die Füllung des Calorimeters hätte betragen müssen, wenn die Dichte der Füllung dem specifischen Gewicht des im Handel vorkommenden Stoffes hätte entsprechen sollen. Stab 6 gibt an, um wie viel das Leitungsvermögen des auf natürliches specifisches Gewicht berechneten Stoffes grösser sei als Luft. Diese Zahlen ergeben sich, wenn man für das Leitungsvermögen bei 6 g Füllung des Calorimeters die relative Zahl

zur Luft berechnet. Ist diese z. B. 124,0, so folgt für 1 g Füllung ein Zuwachs von $\frac{24}{6} = 4\%$ und für x Gramm also $4x + 100$ als das relative Leitungsvermögen der gesuchten Mischung. Stab 7 gibt die absoluten Werthe für Luft = 0,0000532.

Die Zugrundelegung des natürlichen specifischen Gewichts führt selbstverständlich dahin, dass manche durch die specifische Eigenart der Stoffe bedingte Eigenthümlichkeit verwischt wird.

Die Tabelle gibt ein gutes Bild von der Bedeutung, die das ungleiche specifische Gewicht der Kleidungsstoffe auf den Wärmedurchgang besitzt; das geringste Leitungsvermögen hat der Wollflanell, der mit dem Kameelhaarloden fast identisch ist, dann folgt der Wolltricot. Bessere Leiter sind dann alle zur Oberkleidung verwendeten Wollgewebe: der Ueberzieherstoff, Winterkammgarn, Kaschmir, der Bauernloden und Sommerkammgarn.

Die Reihenfolge dieser Stoffe, die sämmtlich Wollstoffe sind, wird nur einmal von dem Gewebe eines andern Grundstoffes unterbrochen, durch ein ausnehmend lockeres Seidengewebe. An den Sommerkammgarn lehnt sich enge an ein feines Baumwollgewebe; es verdankt diesen Vorzug seinem für Baumwollstoffe ungemein geringen specifischen Gewicht. Man kann sagen, dass alle bisher aufgezählten Stoffe nicht sehr erheblich von einander abweichen; sie grenzen sich aber deutlich gegen die folgenden ab.

Tricotgewebe aus Seide, Baumwolle, Leinen haben ein wesentlich grösseres Leitungsvermögen als die vorher aufgeführten Stoffe, und nichts wie diese Stellung in der Reihenfolge der Wärmeleitung könnte besser den Mangel, den diese Gewebe noch an sich tragen, darthun. Sie haben ein viel zu dichtes Gewebe, das gleichzeitig mit dem grösseren Leitungsvermögen der Grundstoffe das Resultat, das die Tabelle aufweist, zeitigt.

An die Tricotstoffe (Tricotwolle verhält sich anders) würden sich dann die glattgewebten dichten Leinen, Baumwollstoffe anschliessen; ich habe nur noch einen Leinentricot, den ich mit Gewalt auf ein specifisches Gewicht von 0,42 zusammen-

presste, direct auf das Leitungsvermögen untersucht und angefügt. Ein solches Gewebe leitet die Wärme über 2,34 Mal so gut, als ein gleich dicker Wollflanell.

Die Tabelle zeigt also zur Evidenz, welche Verschiedenheiten im Leitungsvermögen der Stoffe und Gewebe vorhanden sein können, und welche Bedeutung die Wahl der richtigen Stoffe hat. Sie erläutert auch die Bedeutung der Wollstoffe in thermischer Hinsicht.

Wer ohne besondere Wahl einen Wollstoff sich aussucht, wird immer einen Stoff finden, der anderem Materiale hinsichtlich des Leitungsvermögens überlegen ist, nicht allein weil der Grundstoff schlecht leitet, sondern, weil alle diese Gewebe ungemein locker sind, wie ich an anderen Stellen schon mehrfach betont habe. Die Kleidungsempiriker sind aber aus einem ganz anderen Grunde zu einer übertriebenen Wollverehrung gelangt, wie später gezeigt werden soll.

Als eine weitere Erläuterung dieser Verhältnisse können auch noch die nachfolgenden Betrachtungen dienen.

Das Wärmeleitungsvermögen der Grundstoffe und Gewebe bildet die Basis für alle anderen Berechnungen; aus unseren Angaben lässt sich auch ableiten, wie gross der Wärmedurchgang der in den Handel gebrachten Stoffe, d. h. für diejenige Dicke ist, wie sie in der That zur Verwendung kommen[1]). Aus den Leitungsconstanten kann man ableiten, wie viel Wärme durch einen Stoff hindurchgeht, wenn dessen Begrenzungsflächen um einen Grad in der Temperatur verschieden sind. Diese Zahlen sind aber nicht etwa gleichbedeutend mit 1° Temperaturunterschied der Luft zu beiden Seiten des Stoffs. Ich habe nachstehend eine solche Zusammenstellung für den Wärmedurchgang (nicht die Constante) auf 1 qcm, 1" und 1° Temperaturdifferenz berechnet. (Folgt Tab. XV auf S. 374.)

Man erkennt, welch grosse Verschiedenheit hier gegeben sind; ein Winterpaletotstoff lässt nur 0,0001855 cal., ein 0,3 mm

1) Diese Zahlen dürfen nicht als Leitungsconstanten angesehen werden.

dicker Leinenstoff aber 0,0038214 cal. hindurchtreten. Der Unterschied beträgt über das 20fache. Man sieht so recht deutlich, wohin es führen musste, wenn man bei derartigen Betrachtungen die Dicke der Stoffe ganz ausser Acht liess. Die Dickeschwankungen sind so gewaltige, dass sie jedes specifische Leitungsvermögen der Grundstoffe absolut verdecken. Dasselbe haben wir hinsichtlich der Vernachlässigung des specifischen Gewichtes auch schon dargethan.

Tabelle XV.

Wärmedurchgang durch einen Stoff bei nachfolgend verzeichneter Dicke.

Stoff	Absolutes Leitungsvermögen für das natürliche spec. Gewicht berechnet	Dicke der Stoffe im Handel	Wärmedurchgängigkeit per 1 qcm, 1″ 1° Temp.-Diff. und die übliche Dicke
Wollflanell	0,0000650	2,50	0,0002600
Wolltricot	0,0000676	1,15	0,0005881
Winterpaletot	0,0000709	5,8	0,0001855
Winterkammgarn	0,0000733	2,5	0,0002932
Sommerkammgarn	0,0000772	2,2	0,0003513
Seidetricot	0,0000916	0,6	0,0015200
Baumwolltricot	0,0001002	1,01	0,0010098
Leinentricot	0,0001158	0,3	0,0038214

Die Verschiedenheiten des specifischen Leitungsvermögens sind nicht unbeträchtlich, sie haben in der Wahl der Kleidung eine ganz hervorragende Bedeutung. Sehen wir von den Handelswaaren, die uns zur Verfügung stehen, ganz ab, so haben wir in der Dicke der Kleidung ein Mittel, um ein zu gutes Leitungsvermögen eines Gewebes auszugleichen. Lässt ein Stoff aus Wolle durch eine 10 mm dicke Schicht 0,0000686 cal. hindurch, so müsste ich die Dicke eines Baumwollstoffes 11,8 mm dick nehmen, um den Wärmeverlust entsprechend herabzusetzen. Der Zuwachs von 18% an Dicke würde sich bemerkbar machen durch Herabsetzung der Ventilation der Kleidung und durch ihr grösseres Gewicht.

In der Praxis des täglichen Lebens kommt aber meist noch etwas Anderes störend hinzu, nämlich dass Leinen- und Baumwoll-

gewebe fast ohne alle Ausnahme ein höheres specifisches Gewicht besitzen als Wollgewebe, die für den gleichen Zweck benutzt zu werden pflegen.

So steigert sich dann das Missverhältnis bald so sehr, dass man Leinen- und Baumwollgewebe von erheblicher Dicke überhaupt gar nicht herstellt, weil sie nicht verlangt werden und sich als unzweckmässig erweisen.

Pelzbekleidung.

Die Erfahrung des täglichen Lebens lehrt, dass die Pelzbekleidung ungemein den Wärmeverlust zu behindern im Stande ist; es hat daher einiges Interesse im Anschluss an die Gewebe, welche die Kunst schafft, eine Untersuchung über ein durch die Technik nur wenig verändertes Kleidungsmaterial hier anzuschliessen.

Es dürfte am Platze sein, einige Angaben über die physikalischen Eigenschaften einiger wichtigen Pelzarten hier vorauszuschicken.

Da die Pelzbekleidung bis jetzt nicht bei meinen Untersuchungen, was Dicke, specifisches Gewicht, Porenvolum anlangt, berücksichtigt worden ist, will ich hier eine Reihe von Messungen anführen, die allgemeines Interesse in Anspruch nehmen können. Ich habe 9 verschiedene Pelzsorten näher untersucht, solche der schwarzen Katze, des schwarzen Lamms, Kaninchens, Bisams, Nerz, Waschbären, Bibers, Skunks und Schafs. Es sind darunter leichte und schwere Pelze vertreten.

Die Dicke maass ich unter Auflegen eines Korkes von 22 qcm Fläche und 0,2 g Belastung pro Quadratcentimeter (im Ganzen), dadurch wurden nur die weitest vorstehenden für die Wärmeverhältnisse belanglosen Haare niedergedrückt, so wie es etwa beim Tragen eines Pelzes am Körper auch der Fall sein würde.

Nachdem Dicke und Flächengewicht festgestellt waren, wurde der Pelz sorgfältig geschoren und Haar und Leder getrennt gewogen. Die Luftfeuchtigkeit betrug 45 bis 50%. Die Dicke

des Leders wurde dann für sich mittelst eines feinen Zirkels und Noniusablesung bestimmt. Die Zahlen für Dicke und Flächengewicht enthält die nachstehende Tabelle.

Tabelle XVI.

Bezeichnung	Dicke des Leders mm	Ganze Dicke des Felles mm	Dicke nach Abzug des Leders mm	Flächengewicht im Ganzen pro 1 qcm	Flächengewicht nach Abzug des Felles pr. qcm
Schwarze Katze	0,6	12,5	11,9	0,0537	0,0297
Schwarzes Lamm	0,3	13,0	12,7	0,0630	0,0287
Kaninchen . .	0,5	14,0	13,5	0,0426	0,0218
Bisam	0,6	14,0	13,4	0,0807	0,0483
Nerz	0,9	17,0	16,1	0,1084	0,0425
Waschbär . .	0,9	21,5	20,6	0,1252	0,0490
Biber	0,8	22,0	21,2	0,1130	0,0339
Skunks . . .	0,5	26,0	21,5	0,1067	0,0490
Schaf	0,7	40,0	39,3	0,1843	0,1032

Die Dicke der untersuchten Pelze schwankt zwischen 12,5 mm in minimo bis 40,0 mm in maximo. Schon der dünnste Pelz ist mehr als doppelt so dick als die dicksten Wollstoffe, die überhaupt im Handel zu haben sind. Ein Schafpelz, die dickste untersuchte Sorte, übertrifft den completen Winteranzug, bestehend aus Unterhemd, Hemd, Weste, Rock, Ueberzieher, fast um das Doppelte. Wir sehen schon aus diesen beiden Thatsachen, welch' ungeheuere Bedeutung die Pelzbekleidung im Kampfe mit der Kälte besitzen muss.

Betrachtet man die Flächengewichte, so findet man sie zum Theil nicht grösser als bei feinen Baumwollstoff und Leinengewebe, nur Nerz, Waschbär, Biber, Skunks und Schafpelz haben Flächengewichte, welche über 0,1 pro 1 qcm liegen. Trotzdem ist die Pelzbekleidung die lockerste und leichteste Bekleidung, wie sich ungezwungen ergibt, wenn wir das specifische Gewicht des Pelzwerks in Betracht ziehen. (Folgt Tab. XVII auf S. 377.)

Die lockersten künstlichen Webstoffe, die man treffen kann, sind die Wollflanelle mit einem 0,1 specifischen Gewicht, die

übrigen Stoffe haben grössere Werthe bis 0,64 specifisches Gewicht und darüber.

Tabelle XVII.

Bezeichnung	Specifisch. Gewicht der ganzen Felle	Specifisch. Gewicht der Haarbedeckung	Porenvolum der ganzen Felle		Porenvolum der Haarbedeckung	
			Luft	feste Subst.	Luft	feste Subst.
Schwarze Katze	0,0429	0,0253	96,7%	3,3%	98,1%	1,9%
Schwarz. Lamm	0,0484	0,0220	96,4 »	3,6 »	98,3 »	1,7 »
Kaninchen	0,0304	0,0161	97,7 »	2,3 »	98,8 »	1,2 »
Bisam	0,0576	0,0360	95,6 »	4,4 »	97,3 »	2,7 »
Nerz	0,0638	0,0264	95,1 »	4,9 »	97,9 »	2,1 »
Waschbär	0,0582	0,0238	95,5 »	4,5 »	98,2 »	1,8 »
Biber	0,0514	0,0159	96,1 »	3,9 »	98,8 »	1,2 »
Skunks	0,0410	0,0157	96,8 »	3,2 »	98,8 »	1,2 »
Schaf	0,0461	0,0209	96,4 »	3,6 »	98,2 »	1,8 »

Der höchste Werth für das specifische Gewicht weist der Nerz auf mit 0,064, die übrigen Pelzsorten haben ein geringeres Gewicht bis 0,041, welchen Werth ich bei Skunks gefunden habe. Die hier besprochenen und untersuchten Fellsorten haben also auch eine sehr grosse Aehnlichkeit untereinander. Das Mittel beträgt 0,0512. Die Pelzwaaren haben demnach ein specifisches Gewicht, das um die Hälfte geringer ist als jenes der Wollflanellstoffe. Sie sind uns also immer noch ein gutes Vorbild für die Construction von Kleidungsstoffen, wie ich schon früher einmal bemerkt habe. Beachtung verdient der Umstand, dass das specifische Gewicht der Pelze unabhängig von der Dicke desselben sich erweist.

Der Pelz des Handels besteht aus zwei Theilen, den Haaren und dem Leder, auf welchem die Haare sitzen. Durch den Gerbprocess ist freilich die ursprüngliche Beschaffenheit des Felles etwas geändert, aber nicht so sehr, als dass die nachfolgenden Betrachtungen durch diesen Umstand wesentlich beeinflusst würden. Ich halte die Frage, mit welcher Haarmenge bei den Thieren der Wärmeschutz erreicht wird, von allgemeinem

1) a. a. O., S. 42.

Interesse. Um zu erfahren, wie die Haardecke selbst beschaffen sei, habe ich, wie erwähnt, die Felle geschoren und Ledermenge, Dicke und die Haarmenge bestimmt. Aus diesen Zahlen lässt sich ableiten, einmal wie gross denn das Flächengewicht der Haare war, ferner, welches specifische Gewicht dieser Haarmasse zukommt. Die beiden vorgenannten Tabellen enthalten die näheren Angaben.

Die Lederdicke macht bei den untersuchten Pelzsorten zwischen 0,3 bis 0,9 mm aus. In einigen Fällen trifft die Hälfte des ganzen Flächengewichts auf das Leder, in manchen etwas weniger. Das Flächengewicht der Haare ist am geringsten bei der schwarzen Katze, dem schwarzen Lamm; fast doppelt so viel Haare führen Bisam, Nerz, Waschbär, Skunks, am meisten der Schafpelz. Die Haarflächengewichte wachsen aber keineswegs genau wie die Dicke der haartragenden Schicht. Der Waschbär, Biber, Skunks haben trotz beträchtlicher Dicke, der Haarschicht Flächengewichte, die dem viel dünneren Bisam und Nerz entsprechen.

Das specifische Gewicht der untersuchten Haarbedeckung — und diese dürfen wir als die eigentliche Thierbekleidung ansehen — ist für den höchsten Werth nur 0,036, während die niedrigsten Werthe 0,0157 bis 0,0159 betragen. Wir dürfen mit Bestimmtheit vermuthen, dass, wenn wir die Haarmenge der lebenden Thiere bestimmt hätten, dieselbe noch kleiner ausgefallen wäre, weil durch den Gerbprocess das Leder schrumpft und die Haare in unseren untersuchten Pelzproben sich näher rücken. Am lebenden Hunde habe ich vor längerer Zeit zwei Untersuchungen ausgeführt, die mit dem vorstehenden recht ähnliche Resultate ergeben hatten. Ich möchte aber besonders betonen, dass selbstredend zu Pelzwerk, das zur Bekleidung dienen soll, die Felle nur solcher Thiere Anwendung finden, welche von Natur mit einer tüchtigen Pelzdecke ausgestattet sind.

Betrachtet man endlich noch die Zahlen betreffend das Porenvolum, welche auf S. 377 in der Tabelle zu finden sind und die ich in a. O. näher beschriebener Weise abgeleitet habe, so zeigen sich uns die Felle wie das Haarkleid von ungeheurem

Luftreichthum. Die Felle enthalten nur 3,2 bis 4,9% Raumtheile feste Substanz und 95,1 bis 96,8% Luft. Der haarige Theil des Felles nur 1,2 bis 2,7% feste Substanz und 97,3 bis 98,8% Luft.

Die natürliche Haarbedeckung wird also zu der idealsten Bekleidung, die man sich denken kann; sie muss bei kleinstem Gewicht eine ungemeine Wirksamkeit entfalten, weil sie fast nur aus Luft besteht, welche durch die Haare in ihrer Bewegung gehemmt ist. Man darf aber nicht glauben, dass trotz aller Luftigkeit in allen Fällen der Wind etwa leicht in dieses Haargewirr dringen kann. Ich liess die Luft eines Wasserstrahlgebläses aus feiner Oeffnung auf die Pelzsorten blasen, wobei der gleiche Abstand vom Fell innegehalten wurde. Bläst man gegen den Haarstrich, so theilen sich in manchen Fällen die Haare leicht und die Luft dringt in die Tiefe des Pelzes; in anderen Fällen aber nicht.

Die Luft drang verhältnismässig leicht in den Pelz der schwarzen Katze, des Bisams, des Nerz, Waschbären und Skunks, dagegen nicht in den Pelz vom schwarzen Lamm, Biber, Schaf. Mit dem specifischen Gewicht hängt diese Eigenschaft nicht zusammen, wie man bei der Durchsicht der Tabellen unschwer constatiren kann; sie scheint vielmehr von einer eigenthümlichen Anordnung der Haare bedingt zu sein.

Betrachtete ich mir mit der Lupe die Pelze näher, so war bei allen, welche Luft leicht eindringen lassen, das Haarwerk aus zwei verschiedenen Sorten von Haaren zusammengesetzt. Aus meist gröberen borstenartigen, die übrigen überragenden und dazwischen in der Tiefe finden sich die feineren lockeren, bisweilen anders geformten Härchen. Sehr stark ausgeprägt sind diese beiden Haarsorten bei dem Waschbären. Dagegen scheinen die Haare des schwarzen Lammes, ferner des Bibers und der Schafwolle alle gleichartig zu sein. Dadurch geben sie sich gegenseitig mehr Stütze und bieten dem eindringenden Wind mehr Widerstand.

Untersuchungen über das Wärmeleitungsvermögen habe ich am Kaninchenfelle angestellt. Die früher mitgetheilten Beobachtungen, dass Haare der verschiedensten Herkunft gleiches

Wärmeleitungsvermögen besitzen, liess wesentliche Verschiedenheiten bei verschiedenen Pelzen kaum erwarten. Die ungeheuere Lockerheit der Pelzsorten, müssen den Einfluss, den die Grundsubstanz auf die Wärmeleitung haben kann, auf ein Minimum verringern. Unsere Zahlen werden daher unter Berücksichtigung des verschiedenen Aufbaus verschiedener Pelzsorten uns ein ausreichendes Bild geben können.

Tabelle XVIII.

Füllung	Calor.	g	β log e	k	Relative Zahl zu Luft	Relative Zahl für Luft bei 6 g Füllung	Absolute Zahl für k bei 6 g Füllung für Luft = 0,00005324
Kaninchenfell, Haare nach Aussen	IV	5,07	0,000777	0,00007190	124,7	129,5	0,0000689
Kaninchenfell, Haare nach Innen	IV	5,07	0,000770	0,00007137	123,8	128,1	0,0000682
Kaninchenfell, Haare nach Aussen	III	5,10	0,000388	0,00006678	113,5	115,9	0,00006171

Der Pelz wurde zuerst bei grösster Dichte 0,265 specifisches Gewicht untersucht, und zwar ein Mal mit der Lederseite nach Innen, das andere Mal mit der Lederseite nach Aussen geprüft. Es hat sich bei beiden Anordnungen ein über die Fehlergrenze hinausgehender Unterschied aber nicht ergeben. In dichtester Lagerung zeigte der Pelz eine Wärmeleitung, welche noch geringer war als die von Wollflanell und alle übrigen aus Wolle gefertigten Gewebe.

Bei einem specifischen Gewicht von 0,117 war das Fell gleichfalls der schlechteste Wärmeleiter von allen bei demselben specifischen Gewicht der Messung unterzogenen Substanzen. Da die Pelzsorten, wie ich gezeigt, nur 0,0512 specifisches Gewicht im Mittel haben, würde ein solches Fell natürlich noch weit weniger Wärme durchlassen, als wir gefunden.

Die Füllung des Calorimeters III hätte nur 2,61 g Pelz enthalten dürfen, wenn das Kaninchenfell sich in lockerster Lage hätte befinden sollen; wie wir schon öfter gesehen, lässt

sich das Leitungsvermögen für dieses gesuchte specifische Gewicht durch Rechnung finden.

Für die Füllung von 6 g (= 0,117 sp. Gew.) war das Leitungsvermögen der Kaninchenfelle um 15,9% grösser als jenes der Luft. Für 1 g Füllung also ergibt sich ein Zuwachs um 2,65% im Leitungsvermögen, demnach für 2,61 g = 0,0512 spec. Gewicht ein Zuwachs von + 6,92%. Ein Kaninchenfell lockerer Lagerung unterscheidet sich im Wärmeleitungsvermögen von Luft nur mehr um 6,92%.

Das Leitungsvermögen des Haargemenges selbst beträgt von diesem Werth rund die Hälfte.

Die vorliegenden Untersuchungen erläutern uns also, welch mächtigen Schutz die Thiere in ihrem Pelze besitzen, so dass sie den gewaltigsten Temperaturdifferenzen Stand zu halten in der Lage sind. Wie sehr der Stoffverbrauch und die Wärmeabgabe durch das Scheeren angefacht werden, habe ich an anderer Stelle für den Hund bereits dargethan.[1])

Offenbar stellt sich das Federkleid bei den Vögeln nicht ungünstiger als die Haarbekleidung bei den Säugethieren. Die Benetzung mit fettartiger Substanz verhindert in vielen Fällen das Eindringen von Wasser, und erlaubt den Thieren, ohne eine starke Wärmeentziehung erleiden zu müssen, den Aufenthalt im Wasser. Der Luftgehalt des Federkleides ist aber zugleich eine Art Schwimmgürtel, der das Thier ohne weitere Anstrengung über Wasser hält.

Wärmeleitung der Stoffe und Wärmeregulation.

Ich möchte an dieser Stelle eine Frage, die zur Beurtheilung der Würdigung specifischer Eigenthümlichkeiten unserer Kleidungsgewebe von hervorragender Wichtigkeit erscheint, berühren, nämlich die Frage nach der quantitativen Bedeutung der von mir gefundenen Differenz im Leitungsvermögen. Es handelt sich ja nicht

1) Archiv f. Hygiene, Bd. XX, S. 365.

Dass man auch bei den Stoffwechseluntersuchungen auf die Fellart der Thiere achten muss, darauf habe ich schon vor einem Jahrzehnt aufmerksam gemacht, ohne dass bis heute darauf von Seite der Physiologen Rücksicht genommen wurde.

allein um den physikalischen Nachweis der Verschiedenheiten im Leitungsvermögen, sondern wir haben noch den Beweis zu erbringen, dass das, was wir an Ungleichheiten entdeckt haben, auch praktische Bedeutung hat.

Die kleinen Differenzen, wie sie anscheinend sich in den Verschiedenheiten der Leitungsconstanten ausdrücken, mögen vielleicht auf den ersten Anblick nicht ausreichend erscheinen, um Differenzen in der Wärmeempfindung, die unser Gefühl wirklich berühren und für unsere Wärmeökonomie in Frage kommen, hervorzurufen. Es lässt sich aber leicht zeigen, dass diese Differenzen ausreichend grosse sind.

Nehmen wir z. B. an, die Gesammtoberfläche der Bekleidung sei bei einem Erwachsenen etwa 18804 qcm und seine Wärmeproduction sei = 2700 Cal. für den Tag; die mittlere Kleidungsdicke sei 8,6 mm und die Temperaturdifferenz der Begrenzungsflächen (32,4 an der Haut und 22,9° aussen) = 9,5° C., so würde sich bei Tricotwolle z. B. als Wärmeverlust ableiten für 24 Stunden in grossen Calorien:

$$\frac{18804 \times 3600 \times 24 \times 9{,}5}{0{,}86 \times 1000} \times 0{,}0000627 = 1125 \text{ Cal.}$$

für Tricotseide (k = 0,0000740) = 1327 Cal.
für Tricotbaumwolle (k = 0,0000810) = 1452 Cal.

Der Wärmeverlust würde bei dem Wechsel der Wollkleidung und dem Gebrauch der untersuchten Tricotseide steigen um + 7,4% der Gesammtwärmeproduction und beim Anlegen von Baumwolltricot auf + 12,1%.

Diese Differenzen sind ganz und gar zureichend, um voll empfunden zu werden, und würden sich im Stoffverbrauch geltend machen können; denn sie repräsentiren eine Abkühlung, wie sie durch Erniedrigung der Luft um ca. 3 bis 5° C. hervorgerufen werden.

Dass wir durch die Erfahrung keine sicheren Anschauungen über diese Dinge erhalten, liegt nur daran, dass im täglichen Leben beim Gebrauch der Kleidungsstoffe drei Unbekannte den Einblick unmöglich machen: die Verschiedenheiten der Dicke,

Verschiedenheiten der Dichtigkeit (specifisches Gewicht) und die Natur der Grundstoffe. Bisweilen liegen aber nicht einmal reine Grundstoffe, sondern nur deren Mischungen vor. Auf rein empirischem Wege, oder durch die Untersuchungen an fertigen Geweben, wie von Seite der Hygieniker mehrfach versucht wurde, konnte man über diese Verhältnisse unmöglich in's Klare kommen.

Die Differenzen, welche sich im täglichen Leben wahrnehmen lassen, sind noch bedeutender, weil sich mit der Art des Stoffes auch zumeist das specifische Gewicht der Gewebe ändert, und Wollstoffe zumeist solche mit geringer specifischem Gewichte sind. Nehmen wir auch für diesen Fall drei Beispiele, eine Flanellbekleidung (8,6 mm dick), einen Winterkammgarn und einen Leinenanzug 0,430 spec. Gewicht), so berechnet sich als Wärmeabgabe durch Leitung

$$\frac{18\,804 \times \frac{3600 \times 24}{0,86 \times 1000} \times 9,5}{} \times k = \text{Cal.}$$

für k bei Wollflanell	0,0000659	ergeben sich	1253 Cal.
„ „ „ Winterkammgarn	0,0000733	„ „	1412 „
„ „ „ Leinen	0,0001523	„ „	2938 „

Somit würde der Wärmeverlust beim Uebergang von Wollflanell zu Winterkammgarn im Ganzen um 159 Cal. steigen = 5,8%, beim Uebergang von Wollflanell zu einem Leinenanzug des angegebenen spec. Gewichtes um 1685 Cal. = 62,4%, das ist also ein ganz gewaltiger Zuwachs im letzten Falle. Der Träger eines solchen Leinenanzugs würde also gezwungen sein, zu dickeren Schichten von Kleidungsstoffen überzugehen. Dies kann aber nur geschehen unter wesentlich grösserer Belastung des Körpers. Die Kleidung des Menschen ist an sich sehr schwer im Verhältnis zur Thierbekleidung. Eine Belastung um mehr als das Doppelte der kleinsten Last ist also wohl der Erwägung werth. Für die Militärbekleidung wären diese Verhältnisse in ernsteste Erwägung zu ziehen, nachdem man jetzt eine brauchbare Grundlage gewonnen hat, von der Versuche im Grossen ausgehen können.

Leitungsvermögen von Mischungen der Grundstoffe.

In Vorstehendem sind wesentlich die Eigenthümlichkeiten geschildert worden, welche den Geweben aus reinen Grundsubstanzen zukommen. Die Verwendung reiner Substanzen ist aber im Handel keineswegs die Regel, sondern vielfach benützt man einmal um billigere Gewebe herzustellen Mischungen, namentlich Wolle und Baumwolle, dann aber kommen betrügerische Beimengungen ungemein häufig vor. Leider besitzen wir gar keine öffentlichen Controllstationen, welche sich mit der Untersuchung der Gewebe beschäftigen, und scheint es ganz unumgänglich nothwendig, dass hiefür das öffentliche Interesse geweckt wird.

Ebenso gut, wie man ein Anrecht hat, unverfälschte Nahrungsmittel zu geniessen, ebenso wichtig ist es, über die Art der Kleidungswaare vollständig unterrichtet zu sein.

Bei der Herstellung unserer Kleidungsstoffe werden in sehr vielen Fällen Mischungen zweier Grundstoffe benützt. Diese Mischungen geben vielleicht wegen Ungleichheit der elastischen Eigenschaften ihrer Componenten zu Lagerungsverschiedenheiten, die schliesslich wieder auf das Leitungsvermögen zurückwirken, Anlass. Es wäre aber ebensowohl denkbar, dass Gemische nicht anders wie die Componenten sich verhalten. Einen Entscheid gibt nur der Versuch; ich habe folgende Messungen angestellt. (Siehe auch Tabelle XX auf S. 385.)

Tabelle XIX.

Füllung	g	β log e	Leitungsvermögen Luft = 0,0000588
Wolle, Seide	je 2	0,000428	0,0000728
Wolle, Baumwolle	» 2	0,000479	0,0000813
Baumwolle, Seide	» 2	0,000447	0,0000759

In obigen Versuchen wurden je 2 g der einen Substanz mit 2 g der andern gemengt und sorgfältigst gemischt. Ich habe gerade hier die allergrösste Sorgfalt auf dieses Moment gelegt.

Tabelle XX.

Füllung	k beobachtet	k berechnet	Differenz in % für d. Beob.
Wolle, Seide	0,0000728	0,0000753	+ 3,4
Wolle, Baumwolle	0,0000813	0,0000794	— 2,3
Baumwolle, Seide	0,0000759	0,0000789	+ 3,7

Aus diesen Messungen lässt sich nur der Schluss ziehen, dass Mischungen von Grundstoffen hinsichtlich des Leitungsvermögens sich nicht wesentlich anders verhalten, als nach dem Mischungsverhältnis zu erwarten steht.

Ich glaube, dass man von der Mischung von Gewebgrundstoffen einen sehr guten Gebrauch machen kann, insofern namentlich, als speciell die Wolle vielfach zur Lockerung anderer Gewebe Verwendung finden kann. Gerade der Mangel an Elasticität macht sich bei dem Leinen, der Baumwolle in hohem Maasse und in störender Weise geltend; ein aus gemischten Grundstoffen hergestelltes Gewebe, das muss man von vorneherein festhalten, darf nie ein Surrogat irgend eines Grundstoffs sein wollen. Halbwollfabrikate sind keine Wolle, mag man sie betrachten wie man will; sie haben die Eigenschaften beider Grundstoffe an sich, bei richtiger Verwerthung kann dies für bestimmte Zwecke ein Vortheil sein.

Schlussbetrachtungen.

Meine Untersuchungen haben dargethan, dass man sich bisher bezüglich des Leitungsvermögens der Grundstoffe und Gewebe unserer Bekleidung in einem völligen Irrthum befunden hat. Wir haben systematisch mit dem Studium das Leitungsvermögen der Grundstoffe begonnen; es mag ja wohl den Anschein erweckt haben, als befänden wir uns auf einem weiten Umwege, um das Ziel unserer hygienischen Bestrebungen, ein Fundament für die praktische Bekleidungslehre zu liefern. Ich denke aber den Beweis erbracht zu haben, dass dieser synthetische Aufbau, der aus den Eigenschaften der Grundstoffe, und den physikalischen Eigenthümlichkeiten der Gewebslagerung schliess-

lich zur Erkenntnis des absoluten Leitungsvermögens der »Kleiderstoffe« führte, am sichersten das Ziel erreicht, weil wir heute über die fundamentalen Ursachen und Erscheinungen in's Klare gekommen sind.

Unsere Untersuchungen über das Wärmeleitungsvermögen der Grundstoffe und Gewebe der menschlichen Bekleidung geben zum ersten Mal einen vollständigen Ueberblick über dieses das Alltagsleben so sehr berührende Gebiet, welches bisher ein wilder Tummelplatz für alle möglichen Meinungen und unbegründeten Annahmen war. Es wird also nöthig, die hygienischen Anschauungen einer bedeutenden Correctur zu unterwerfen. Bei Kritik der bisher bestehenden Meinungen, insoweit sie überhaupt auf Versuchen basiren, haben wir einen grossen Theil der bisherigen Experimente anderer Autoren als für diese Fragen durchaus belanglos ausscheiden müssen.

Nachdem wir oben schon des Näheren begründet haben, dass die mit Hilfe einer der Krieger'schen Verfahren nachgebildeten hygienischen Untersuchungen völlig unbrauchbar sind, um aus ihren Ergebnissen das Leitungsvermögen der Stoffe zu erschliessen, bleiben von den unseren neuen Anschauungen entgegenstehenden Untersuchungen nur jene von Péclet übrig, die einer Besprechung an dieser Stelle unterzogen werden müssen. Es ist, wie ich meine, nicht schwer zu zeigen, worin die Péclet'schen Versuche fehlerhaft sind, und warum dieselben kein genaues Resultat geben konnten.

Ich berühre zuerst die Abkühlungsmethode Péclets, die wir auf S. 282 näher beschrieben haben.

Péclet hat das Leitungsvermögen von Luft und Luftbaumwollegemischen untersucht und für seine Einheiten berechnet folgendes gefunden:

Dichtigkeit	Leitungsconstante
0,0077	0,0409
0,0166	0,0371
0,0332	0,0359
0,0576	0,0335
0,0768	0,0366

Es schien darnach das Leitungsvermögen von der Dichte unabhängig zu sein.

Gegen diese Ergebnisse ist geltend zu machen, dass Péclet ungemein geringe Dichtigkeiten der Füllung einer Messung unterzogen hat. Die stärkste Füllung hatte nur 0,077 specifisches Gewicht. So genau auch seine Untersuchung gewesen sein mag, bei den umfangreichen Apparaten, die er anwandte, sind die Veränderungen im Leitungsvermögen, welche durch die Beigabe von 7—8% Baumwolle einer Luftfüllung gegenüber hervorgerufen werden, naturgemäss nur sehr gering.

Noch bedeutungsvoller dürfte ein zweiter Umstand geworden sein. Der Péclet'sche Leitungswerth für sogenannte stagnirende Werthe ist nachweislich viel zu hoch ausgefallen, wie sich an der Hand unserer heutigen Kenntnisse zeigen lässt.

Vergleicht man die Werthe für die Wärmeleitung der Luft von Péclet mit den neueren Mischungen von Stefan und Winkelmann, so zeigt sich Folgendes.

Péclet gibt als Constante für Luft 0,037 Cal. Seine Einheiten sind 1 qm Fläche, 1 m Dicke der Schichte, 1 Stunde Zeit und 1° Differenz der Temperatur, jene von Stefan 1 qcm 1 cm Dicke, eine Secunde Zeit, 1° Temperaturdifferenz, also hat man für Peclet's Zahl

$$\frac{37 \times 100}{10\,000 \cdot 60 \cdot 60} \text{ Cal. als Constante} = 0{,}00010,$$

während Stefan und Winkelmann 0,0000533 angeben.

Die Péclet'sche Zahl für Luft ist also fast doppelt zu gross. Dieser Fehler ist sicher durch die grossen Dimensionen seines Apparates zu erklären, indem bei diesen nicht ausschliesslich Wärme durch Leitung von Metallwand zu Metallwand überführt wurde, sondern es wird in erheblichem Maasse Wärme durch Strahlung übertragen worden sein. Die Strahlung kann bei Apparaten, die dem Stefan'schen Calorimeter ähnlich sind — das gilt auch für den Péclet'schen Apparat — nur dann vernachlässigt werden, wenn Wärme abgebende und Wärme empfangende Fläche um wenige Millimeter von einander abstehen. Wie Winkelmann näher dargelegt hat, beeinflusst

mit zunehmendem Abstand die Strahlung ganz erheblich das Endresultat und zwar in dem Sinne, dass die Leitungsconstante zu gross gefunden wird.

Dieser Fehler wirkt aber bei Füllung des Hohlraumes mit Stoffen nicht mehr mit und wird also auch bei Berechnung relativer Werthe des Leitungsvermögens (zu Luft) auch nicht eliminirt. Die Péclet'sche Methode kann bei Füllung mit Stoffen die Strahlung verhindern und richtige Resultate geben, während die Luftwerthe zu hohe sind. Die Relationen werden um so ungenauer, je lockerer die Füllungen sind.

Péclet hat noch mittelst einer zweiten[1]), weit complicirteren Methode, die wir hier nur in kurzem Umriss angeben wollen, eine Reihe fester und pulveriger Substanzen auf ihr Wärmeleitungsvermögen untersucht. In einem auf bestimmter, bekannter Temperatur zu erhaltenden Raume war der zur Messung benützte Apparat aufgestellt, im Wesentlichen ein Cylinder der von Dampf durchströmt und auf Siedetemperatur erhalten wurde. Die zu untersuchende Substanz umgab den Cylinder rings herum, ausgenommen die Basalflächen, welche zum Ein- und Austritt des Dampfrohres dienten und ihrerseits durch schlechte Wärmeleiter vor Wärmeverlust geschützt waren.

Umhüllt wurden die Gewebe und andere Substanzen durch einen 0,5 mm dicken Glascylinder oder durch Papierumhüllung. Durch ein Thermoëlement wurde die Aussentemperatur des Glascylinders bezw. der Papierbedeckung gemessen und auf Grund anderer Constanten der Wärmeverlust abgeleitet.

Die Methode hat, wie sich denken lässt, viele Fehlerquellen, von denen die Bestimmung einer mittleren Temperatur der Wärme abgebenden Fläche mittelst eines an bestimmter Stelle befestigten Thermoëlements noch die geringste ist.

Die Ergebnisse Péclet's sind folgende, wenn ich seine Messungen zu Mittelzahlen zusammenlege.

Baumwolle	locker . .	0,040	(Constante des Leitungsvermögens)
»	dichter .	0,039	» » »

1) a. a. O., S. 461.

glatter Baumwollstoff	0,051	(Constante	des	Leitungsvermögens)
Leinenstoff	0,052	»	»	»
gekämmte Wolle . .	0,044	»	»	»
Wollstoff	0,023	»	»	»

Aus seinen Ergebnissen hat Péclet geschlossen, dass ein Unterschied in der Wärmeleitung nicht vorhanden sei und dass dichtere Stoffe nicht anders leiteten als lockere. Uns will scheinen, dass wenigstens die Reihe mit Baumwolle und Leinen mit unserem Ergebnis des erhöhten Leitungsvermögens dichterer Stoffe zu vereinigen ist. Unverständlich erscheint dagegen der erhebliche Unterschied zwischen gekämmter Wolle und dem Wollstoff.

Nach dem Dargelegten können die Péclet'schen Versuche nicht als ein Beweis für das gleiche Leitungsvermögen zwischen stagnirender Luft und Bekleidungsstoffen angesehen werden, selbst wenn es uns nicht geglückt wäre, den sicheren experimentellen Beweis der irrigen Anschauung von Péclets Annahmen zu erbringen.